

## Definiții TRL

### TRL – Nivel de Maturitate Tehnologică<sup>1</sup>:

**TRL 1** - Principii de bază observate

**TRL 2** - Formularea conceptului tehnologic

**TRL 3** - Demonstrarea conceptului privind funcționalitățile critice sau caracteristicile la nivel analitic sau experimental

**TRL 4** - Validarea componentelor și/sau a ansamblului în condiții de laborator

**TRL 5** - Validarea componentelor și/sau a ansamblului în condiții relevante de funcționare (mediul industrial)

**TRL 6** - Demonstrarea funcționalității modelului în condiții relevante de funcționare (mediul industrial)

**TRL 7** - Demonstrarea funcționalității prototipului în condiții relevante de funcționare

**TRL 8** - Sisteme finalizate și calificate

**TRL 9** - Sisteme a căror funcționalitate a fost demonstrată în mediul operațional

### Definiții și descriere TRL<sup>2</sup>:

#### **TRL 1**

*Definiție:* Principii de bază descoperite și formulate.

*Descriere:* Acesta este primul nivel de maturitate tehnologică. Cercetarea științifică teoretică/fundamentală începe să migreze spre cercetare-dezvoltare. Rezultatele se regăsesc în publicații care prezintă principiile de bază ale tehnologiei, sau observații ale realității fizice (inclusiv “discovery experiments”).

#### **TRL 2**

*Definiție:* Formularea conceptului tehnologic și a aplicației.

*Descriere:* Odată stabilite principiile de bază, se începe tranziția spre aplicații practice. Aplicațiile pot fi reale (identificate independent) sau speculative, prin urmare nu se așteaptă o analiză/argumentare detaliată a viitoarelor aplicații. Exemplele pot fi limitate la studii teoretice. Livrabilele includ publicații sau alte documente care prezintă aplicațiile considerate și le analizează în vederea argumentării conceptului. Saltul de la TRL 1 la TRL 2 este transferul ideilor pur teoretice spre cercetarea aplicată. Demersurile sunt în mare măsură teoretice, concretizate în publicații, cu scopul de a înțelege mai bine/complet rezultatele științifice. Se proiectează experimente pentru a corobora rezultatele fundamentale de la TRL 1.

---

<sup>1</sup> H2020 – Work Programme 2016-2017, General Annexes – pag. 35/44 <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/what-work-programme>

<sup>2</sup> Technology Readiness Assessment Guide - Department of Energy, U.S, pag. 9-10/34 <https://www.directives.doe.gov/directives-documents/400-series/0413.3-EGuide-04>

### **TRL 3**

*Definiție:* Demonstrarea funcționalității conceptului, în raport cu funcționalitățile critice ale sistemului, prin studii analitice și experimentale.

*Descriere:* Se inițiază demersul de cercetare-dezvoltare, prin studii analitice și experimentale la scară de laborator, pentru a valida predicțiile teoretice pentru componente separate ale tehnologiei. Livrabilele includ rezultatele testelor de laborator pentru determinarea parametrilor de interes și compararea cu predicțiile teoretice pentru sub-sistemele critice. La nivelul TRL 3 demersul trece de la faza teoretică (“pe hârtie”) la cea experimentală, pentru a verifica funcționalitatea conceptului. Se validează componente individuale ale tehnologiei, dar nu se urmărește încă integrarea lor într-un sistem complet. Modelarea și simularea numerică pot fi utilizate pentru a completa experimentul fizic.

### **TRL 4**

*Definiție:* Validarea în condiții de laborator a componentelor și/sau ansamblului/sistemului.

*Descriere:* Principalele componente ale tehnologiei sunt integrate pentru a stabili funcționalitatea ansamblului. Acest demers poate avea un grad relativ scăzut de fidelitate în raport cu sistemul real. Spre exemplu, se integrează componente separate în laborator și se efectuează teste într-un domeniu de condiții de operare. Livrabilele includ rezultatele testelor pentru ansamblul de componente, cu evidențierea apropierei (sau diferențelor) în raport cu funcționalitatea și performanțele așteptate. TRL 4-6 reprezintă puntea dintre cercetarea științifică și aplicația inginerescă/practică. TRL 4 este primul pas în a determina dacă ansamblul componentelor individuale funcționează corect ca sistem. Sistemul de laborator va fi, cel mai probabil, un amestec de echipamente existente (de uz mai general) și componente care necesită manipulare, calibrare, aliniere, etc. specifică pentru a deveni funcționale.

### **TRL 5**

*Definiție:* Validarea modelului de laborator, la scară redusă sau mărită, după caz, cu reproducerea prin similitudine a condițiilor reale de funcționare.

*Descriere:* Toate componentele tehnologiei sunt asamblate astfel încât configurația sistemului este similară aplicației finale în aproape toate aspectele. Livrabilele includ rezultatele testelor de laborator, analiza diferențelor între condițiile de laborator, analiza semnificației testelor de laborator pentru funcționarea sistemului real. Diferența principală între TRL 4 și TRL 5 este creșterea fidelității testelor de laborator în raport cu sistemul real, respectiv cu condițiile reale de operare. Sistemul testat este foarte apropiat de prototip.

### **TRL 6**

*Definiție:* Validarea prototipului (sistemul la scară reală) într-un mediu relevant (condiții de funcționare similare celor reale).

*Descriere:* Modelul la scară reală (prototipul) este testat într-un mediu relevant pentru condițiile reale de funcționare. Acesta este un pas important în demonstrarea maturității tehnologiei. Spre exemplu, acest nivel

include testarea unui prototip într-un domeniu de condiții relevante pentru aplicații, ce includ proprietăți fizice și chimice corespunzătoare. Livrabilele includ informații asupra testelor, eventualele efecte de scară, și interpretarea posibilelor diferențe induse de acestea în raport cu situația aplicației concrete. TRL 6 marchează dezvoltarea inginerescă a tehnologiei spre un sistem operațional. Diferența principală între TRL 5 și TRL 6 o reprezintă trecerea de la scara de laborator la cea corespunzătoare aplicației ingineresti, cu determinarea efectelor de scară ce intervin în proiectarea sistemului operațional. Prototipul trebuie să fie capabil să îndeplinească toate funcțiile cerute sistemului operațional. Mediul de testare trebuie să reprezinte cât mai fidel condițiile reale de exploatare.

### **TRL 7**

*Definiție:* Demonstrarea funcționalității prototipului (sistemul la scara reală) în condiții reale/relevante de funcționare.

*Descriere:* Acesta este un pas major în raport cu TRL 6, necesitând demonstrarea funcționării prototipului într-un mediu relevant pentru aplicațiile reale. Documentația include rezultatele testelor la scară reală, analiza diferențelor dintre mediul de testare și mediul real, interpretarea rezultatelor experimentale și extrapolarea lor pentru funcționarea în mediul real.

### **TRL 8**

*Definiție:* Sistemul real este complet realizat și certificat prin teste și demonstrații.

*Descriere:* Funcționalitatea tehnologiei, în forma ei finală, este demonstrată în condițiile de operare intenționate. În majoritatea cazurilor acest nivel de maturitate corespunde finalizării dezvoltării sistemului real. Procedurile de operare/utilizare sunt complete. De regulă, Certificarea Operațională (Operational Readiness Review) a fost trecută cu succes înainte de prima pornire.

### **TRL 9**

*Definiție:* Sistemul real este funcțional în mediul operațional, pe tot domeniul de regimuri anticipate.

*Descriere:* Tehnologia a atins forma finală și este utilizată pe tot domeniul de regimuri și în toate condițiile pentru care a fost creată.