Therac-25: A hibaüzenet, amit senki nem értett

A **Therac-25** egy úgynevezett *lineáris gyorsító (linac)* volt, amelyet elsősorban rákos daganatok sugárkezelésére használtak az 1980-as években. Bár korának legmodernebb eszközének számított, a használata és elterjedtsége korlátozott maradt, éppen a bekövetkezett balesetek miatt. Összesen mindössze 11 darabot épített belőle az **AECL** (*Atomic Energy of Canada Limited*); 5 gép az Egyesült Államokban és 6 gép Kanadában üzemelt. Neves onkológiai központokban használták, többek között a texasi Tylerben, a washingtoni Yakimában és a kanadai Hamiltonban.



A berendezés a korábbi modellekhez (Therac-6, Therac-20) képest sokkal hatékonyabbnak tűnt, mert egyrészt a számítógépes vezérlés miatt a technikusoknak kevesebb manuális beállítást kellett végezniük, így több beteget tudtak ellátni egy nap alatt, másrészt egy új technológiának köszönhetően a gép kisebb helyet foglalt el, így olcsóbban lehetett telepíteni a kórházakba.

A Therac-25 kezelései alapvetően két helyszínen – a sugárbiztos kezelőben és a külső vezérlőteremben – zajlottak, szigorú, de a szoftveresítés miatt felgyorsított protokoll szerint.

Először a radiológus technikus a beteget a kezelőasztalra fektette és manuálisan beállította a gép fejét (gantry), a besugárzási mező méretét, valamint rögzítette a szükséges kiegészítőket. A gép úgynevezett „field light” (mezőfény) üzemmódba állításával egy tükör segítségével látható fényt vetítettek a betegre. Ez pontosan megmutatta, hová fog irányulni a (jó esetben) láthatatlan sugár.

Ezután a technikus elhagyta a védett szobát és a külső terminálnál (billentyűzet és monitor segítségével) megadta a beteg adatait és a kezelési tervet: az üzemmódot (Elektron vagy röntgen), az energiaszintet és a dózist. A szoftver összehasonlította a terminálon beírt adatokat a gép mechanikus beállításaival. Ha egyeztek, megjelent a *„VERIFIED”* felirat. Végül a technikus a *„Beam ON”* gombbal indította el a kezelést, amely általában 1–5 percig tartott.

A végzetes "gyorsaság"

A tapasztalt kezelők rendkívül gyorsan, rutinszerűen kezelték a billentyűzetet. Néha előfordult, hogy a

kezelő véletlenül X-et (Röntgenmód) ütött be, majd villámgyorsan visszalépett és ezt javította E-re (Elektronmód). Ha ez a javítás 8 másodpercen belül történt, a szoftver kijelezte az új módot, de (és ez a kezelő számára nem derült ki) a gép belső mechanikája (a forgótárcsa) már nem állt át időben.

A berendezés ugyan jelezte a hibát a semmitmondó "**Malfunction 54**" hibakóddal, aminek a jelentése *„dose input 2"* (dózisbevitel 2) volt. Ez azonban még a szakembereknek sem mondott semmit arról, hogy mi a valódi probléma. A kezelőknek adott kézikönyvben nem szerepelt a hibakódok listája vagy magyarázata. Semmi nem utalt arra, hogy ez a jelzés bármilyen kockázatot jelentene a betegre.

Amikor a **Malfunction 54** megjelent, a gép nem állt le vészleállással, hanem csak *„szüneteltette"* (Pause) a kezelést. A kezelőszemélyzet úgy tudta, hogy a szünetelést okozó hibák ártalmatlanok (például egy kisebb feszültségingadozás), és az eljárás a „P" (Proceed) gombbal egyszerűen folytatható.

A képernyőn a hiba mellett az jelent meg, hogy *„No dose"* (nincs dózis), vagyis a gép azt állította, hogy még egyáltalán nem sugárzott. A kezelő ezért nyugodt szívvel nyomta meg a folytatást, hogy a beteg megkapja a tervezett dózist – miközben valójában minden egyes gombnyomással újabb halálos retesznyitást hajtott végre a gép.

A technikusok naponta akár 40 hasonló hibaüzenetet is láttak, amelyek többsége valóban ártalmatlan volt. Emiatt kialakult náluk egyfajta *„riasztási fásultság"*: a Malfunction 54-et is csak egynek látták a sok bosszantó, de jelentéktelen szoftveres hiba közül.

Több esetben a betegek a kezelések után jelezték, hogy valami nincs rendben. Ray Cox, az egyik áldozat, egy *„elektromos ütést"* érzett és látta a gépből kivillanó kékes fényt. A kórházi személyzet azonban eleinte nem hitt nekik, mert a monitor tájékoztatása szerint minden a legnagyobb rendben zajlott.

Amikor a Tyler-i kórház először mégis jelezte a problémát az AECL-nek, a gyártó (meglehetősen arrogánsan) úgy reagált, hogy a Therac-25-tel soha nem történt még sugártúladagolás. Azt állították, hogy a gép hardveresen és szoftveresen is biztonságos, a hibát pedig elektromos zárlatnak, de leginkább tévedésnek tulajdonították.


Therac-25

Fritz Hager magánnyomozása

Fritz Hager, aki a texasi Tylerben található **East Texas Cancer Center** vezető fizikusa volt, nem fogadta el a gyártó válaszait. Amikor 1986 áprilisában egy második beteg is ugyanazokat az igencsak gyanús jelenségeket észlelte ugyanannál a technikusnál, Hager elhatározta, hogy addig nem hagyja abba a készülék tesztelését, amíg nem reprodukálja a jelenséget.

Hager és a technikus órákon és napokon át próbálgatták a gépet, de az hibamentesen működött. Végül rájöttek a titokra: a technikusnak olyan gyorsan kellett gépelnie, ahogy csak a napi rutin során szokott. Amikor Hagernek sikerült a javítást 8 másodpercen belül elvégeznie, a gép végre kiírta a hírhedt **Malfunction 54** üzenetet.

Hager ekkor mérőműszereket telepített az ágyra, a beteg helyére, és elszörnyedve látta, hogy a gép a tervezett dózis százszorosát adta le. Ezzel a bizonyítékkal a kezében már nem tudott mit tenni a gyártó: kénytelenek voltak belső vizsgálatba kezdeni, majd végül beismerni a szoftverhibát és

jelenteni az esetet az FDA-nak (*U.S. Food and Drug Administration*).

Hager felismerte, hogy a gyártó mérnökei azért nem bukkanhattak a hibára, mert ők *„mérnöki lassúsággal”*; óvatosan gépeltek, míg a napi rutinban dolgozó technikusok ujjai szinte repültek a billentyűkön, és a hiba csak ilyenkor állt elő.

Végül a vizsgálat során kielemezték, hogy a gépet vezérlő **PDP-11 számítógép** egy valós idejű operációs rendszert futtatott, amely egyszerre több feladatot (taszkot) kezelt. A szoftverben a billentyűzetről érkező adatok feldolgozása és a gép fizikai beállítása (például a tárcsa forgatása) két külön folyamat volt.

Amikor a kezelő Röntgenmódról Elektronmódra váltott, a szoftver elindított egy folyamatot a tárcsa mozgatására. Ha azonban a kezelő a javítást 8 másodpercen belül elvégezte, a szoftver egy része már az új adatokat látta, de a gép fizikai beállításáért felelős rész még a régi állapotnál tartott. A gép úgy hitte, minden készen áll, de valójában a röntgenmódhoz szükséges óriási sugárenergiát küldte ki a betegre.

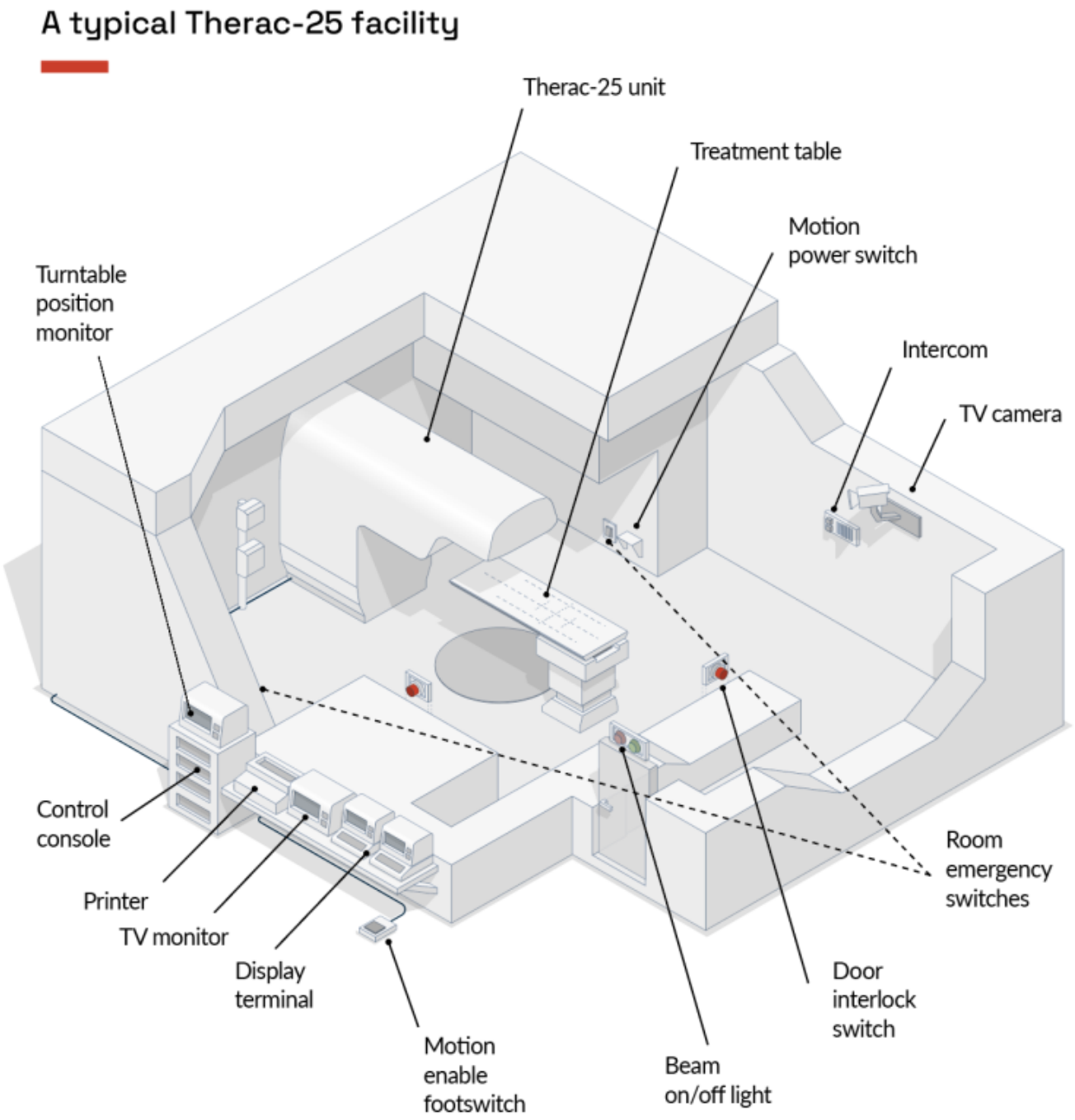
Következmények

A Therac-25 tragédiája alapjaiban rengette meg az orvostechnikai eszközök szabályozását és a szoftverfejlesztési etikát.

Több túlélő áldozat és az elhunytak családtagjai indítottak kártérítési pert az AECL és a kezelést végző kórházak ellen. A felek végül minden esetben peren kívüli egyezséget kötöttek, így a kártérítések pontos összege soha nem került nyilvánosságra.

Az amerikai FDA (Élelmiszer- és Gyógyszerügyi Hivatal) 1987-ben hibásnak nyilvánította a berendezést, és elrendelte az összes Therac-25 leállítását, amíg a gyártó el nem végezte a szükséges módosításokat.

A gépeken végül több mint 20 módosítást végeztek, beépítették a korábban elhagyott mechanikus biztonsági reteszeket, amelyek a szoftvertől függetlenül képesek voltak leállítani a sugárzást. Az eset után kötelezővé tették a kórházak számára, hogy minden súlyos balesetet jelentsenek a hatóságoknak. Korábban ugyanis a gyártók elhallgathatták a hibákat, így a különböző kórházak nem tudtak egymás eseteiről.



Therac-25 séma, Source: createdigital.org.au / Diagram adapted from Leveson (1995)

A szoftver fejlesztőjét soha nem nevezték meg nyilvánosan. A vizsgálatok során kiderült, hogy a teljes vezérlőszoftvert egyetlen személy írta, PDP-11 assembly nyelven. A későbbi perek során a védőügyvédek sem tudták azonosítani a programozót, és semmit nem tudtak meg a végzettségéről vagy a korábbi tapasztalatairól sem. Annyit lehet tudni, hogy a programozó 1986-ban – még a botrány teljes kibontakozása előtt – távozott az AECL-től.

A Therac-25 azóta a szoftvermérnöki képzés *„állatorvosi lova”* lett: azt tanítják vele, hogy a túlzott magabiztosság, a szoftverbe vetett vak bizalom és a független biztonsági rendszerek elhagyása életekbe kerülhet.

Fritz Hager jelenleg is él, bár az 1980-as évek eseményei óta visszavonult a nyilvánosságtól. Nemrégiben (2024 végén) egy szakmai interjúban szólalt meg, amelyben ismét felidézte a Therac-25 eseményeit. Továbbra is fontosnak tartja, hogy a jövő szoftvermérnökei tanuljanak a múlt hibáiból.

Egy friss publikációban úgy nyilatkozott, hogy a Therac-25 esetei egyedülállóak a sugárterápia történetében, és fontos, hogy ezeket az *„osztályteremben tanulják meg, ne pedig emberéletek árán”*. A fizikus elszántsága nélkül valószínűleg még több áldozata lett volna a hibás szoftvernek, mivel a gyártó (AECL) az ő mindent elsöprő bizonyítékai előtt minden vádat tagadott.

Great bugs

Egy számomra *„kedves”* és közelálló témát szeretnék egy blogsorozat formájában körbejárni, ami ezzel a bon mot-tal foglalható össze:

A program utasításaid és nem szándékaid szerint működik.

„Programs do what you tell them to do, not what you want them to do.”

Mivel a munkám egy jelentős része az ipari (PLC) szoftverfejlesztésről szól, ezért jól ismerem belülről a témát, én (illetve ugye a programom) is produkált már meglehetősen hajmeresztő hibákat; mondjuk a fél hamburgi kikötő áramtalanítása egy mozdulattal (meg egy benézett földeléskábellel).

A sorozat várható és már megírt bejegyzései:

- Therac-25: A hibaüzenet, amit senki nem értett
- Patriot rakéta: Hogyan ölt meg 28 embert egy tizedesvessző?
- Ariane-5: A 370 millió dolláros „copy-paste”.
- Boeing 737 MAX / MCAS: Amikor a pénzügyesek helyettesítik a mérnököket
- A B-2 Spirit és a pára: Miért nem bírja az esőt a világ legdrágább gépe?
- Mars Climate Orbiter: Akkor most mérföld vagy kilométer?
- Deepwater Horizon 2010: Amikor a „téves riasztások” igazzá válnak
- Intelsat-708: Tech-transzfer és katasztrófa
- A Davis-Besse atomerőmű esete a vírussal
- A Trans-Szibéria gázvezeték 1983-as robbanása - Az első igazán káros trójai kód
- A Stuxnet sztori - Mindössze egy berendezésre írt vírus

2026/05/05 20:02

Ez egy elfeledett sarka a netnek, örülök, hogy sikerült elvetődnöd ide!

Továbbra is keresek megjelenési lehetőséget az írásaim számára. Ha esetleg van ötleted, oszd meg velem! Elérhetőségeim az Impresszumban találhatók.

A passport.blog jelenlegi egyetlen megjelenési lehetősége a Facebook. Ha értesülni szeretnél az új bejegyzésekről, kövesd a Bolyongó Facebook oldalt.

Ha szeretnéd a bejegyzést kinyomtatni, vagy önálló formában menteni, ennek a legegyszerűbb módja a PDF formába konvertálás. Ezt a jobb oldali, fentről negyedik (Adobe) ikonnal teheted meg.

Eddigi bejegyzések a bolyongó.hu-n

Az összes bejegyzés ABC-be rendezett indexe itt található. A blog helyekhez köthető bejegyzései a google.maps térképen is megtalálhatók: A világ valódi csodái. A mostanában a blogon megjelent írások a főoldalon jelennek meg.

2026/05/28 18:05

Források

cs.columbia.edu - therac25.pdf
en.wikipedia.org - Therac-25
ethicsunwrapped.utexas.edu - case-study/therac-25
utsouthwestern.elsevierpure.com - Therac 25 incidents
de.wikipedia.org - Therac-25
smartbear.com - Bug day race condition therac-25
worldhealthexpo.com - The deadly case of the Therac-25: a warning for medical AI
onlineethics.org - A History of the Introduction and Shut Down of Therac-25
ethicsunwrapped.utexas.edu - Therac-25
w3.cs.jmu.edu - 2004-JMU-Therac.pdf

Ajánló

Hasonló jellegű bejegyzéseket a **Érdekes történet** tag alatt talál:

- 60 éves a Trabant
- A 18-as járat
- A 61. vágány
- A Berlinben lezuhant szovjet vadászrepülőgép története
- A CIA lopott műholdja
- A dannenwalde-i baleset
- A Davis-Besse atomerőmű esete a vírussal
- A drogbáró alagútjai
- A drogfutárság veszélyei
- A Dunning-Kruger-hatás
- A Jennifer projekt
- A Kaktusz-kupola
- A Kaszpi-tengeri Szörny
- A Mars Climate Orbiter (MCO) program banális katasztrófája
- A millió dollár pont
- A moszkvai Metro–2 legendája
- A Poligon
- A rénszarvas és a tengeralattjáró
- A Silk Road hagyatéka
- A Stuxnet sztori
- A Te könyved milyen vastag?
- A Trans-Szibéria gázvezeték 1983-as robbanása
- A valódi Mad Max
- A Világ valódi csodái
- A világvégi mozi

- A Volga Atom és az atomautók elfeledett őrülete
- A Wall Street Market bukása
- Alkohol az űrben
- Amikor egy naperőmű teszi oázissá a sivatagot
- An0m sztori
- Atlantropa
- Atomvillanás fentről
- Az ekranoplán; ismét a hullámok felett
- Az elhagyott szovjet nukleáris világítótornyok
- Az oroszok hibrid hadviselése a európai GNSS rendszer ellen
- Basilique Notre-Dame de la Paix, a világ legnagyobb katolikus temploma
- Basilique Notre-Dame de la Paix, die größte katholische Kirche der Welt
- Basilique Notre-Dame de la Paix, the world’s largest Catholic church
- Bayernturm, a funkcióját vesztett kilátó
- Bayernturm, the observation tower that has lost its function
- Blackout in Spain
- Blackout Spanyolországban
- Boeing 737 MAX / MCAS
- Csernobil árnyéka: Negyven évvel a katasztrófa után
- Csernobil és Putyin katonái
- Csónakokkal az anyahajó ellen – a Millennium Challenge 2002 gyakorlat
- Das Ekranoplan – wieder über den Wellen
- Das Jennifer-Projekt
- Das Vermächtnis der Seidenstraße
- Der Bayern-Turm, ein Aussichtsturm, der seine ursprüngliche Funktion verloren hat
- Der Dunning-Kruger-Effekt
- Falkland háború
- Felhőkarcoló ablakok nélkül
- Gladbecker-túszdráma
- Hadsereg romokból
- Hedy Lamarr: filmszínésznő és feltaláló
- Hitler Pervitinjétől a meth-ig
- Hitler utolsó amerikai katonája
- Hogyan lett Kínának repülőgép-hordozója?
- Híd a Kwai folyón
- Hűtővonat atomrakétákkal
- Kukoricamező bombázó
- Kémek hídja
- Majak
- Mazsolabombázók
- Mert az Opel sosem kop' el
- Modernkori bolygó hollandi
- Neuralink
- Német hackerek és a KGB

- Orwell elmaradt, a bürokrácia győzött
- Ottó utazásai
- Probstzella – végállomás
- Stromausfall in Spanien
- Surtsey, az ötvenéves sziget
- Sztálin elfeledett vasútja
- Teufelsberg FSB
- The Dunning-Kruger effect
- The ekranoplan: back on top of the waves
- The Jennifer Project
- The Legacy of the Silk Road
- Therac-25: A hibaüzenet, amit senki nem értett
- Vészjelzések a Dakotáról
- Whiskey on the rocks
- Whisky-háború a Hans szigetért
- Wie dick ist dein Buch?
- Yokoi háborúja
- Átadták a világ leghosszabb alagútját
- Ördögnyál
- Öreg fiúk bankrablócsapata

2026, Therac-25, great bugs, lineáris gyorsító, linac, 1980, AECL, Malfunction 54, Fritz Hager, FDA, PDP-11, érdekes történet, tech, USA, nukleáris, baleset, sugárzás

Bejegyzésmegtekintések száma: 372

From:
https://mail.bolyongo.hu/ - **bolyongó**

Permanent link:
https://mail.bolyongo.hu/doku.php?id=passport:therac-25

Last update: **2026/09/28 21:00**