

Galileo nagy pontosságú szolgáltatás – korai megfigyelések

A [Galileo nagy pontosságú szolgáltatás](#) (HAS) sikeres átállása a következő megvalósítási szakaszba sokakat izgatottá tett a GNSS-iparban.

Mi az a Galileo HAS?

A Galileo HAS egy forradalmian új, nagy pontosságú, precíz pontpozicionáló (PPP) korrekciós szolgáltatás, amely világszerte elérhető, és Európában továbbfejlesztett teljesítményt nyújt. A Galileo HAS egy kettős konstellációjú, többfrekvenciás korrekciós szolgáltatás, amely a következő Galileo és GPS jeleket támogatja:

- **Galileo:** E1, E5A, E5B, E6B
- **GPS:** L1, L2C, L5

A korrekciók ingyenesek és közvetlenül a Galileo műholdakról, az E6B frekvencián, térbeli jel (SiS) formájában érkeznek. A korrekciók földi úton is elérhetők lesznek, és az interneten keresztül is streamelhetők lesznek az RTCM hálózati átvitelének internetes protokollja (NTRIP) segítségével. A korrekciókat mind a Galileo, mind a GPS konstellációk számára sugározzák, ami néhány konvergenciaidő után valós idejű, <20 cm-es vízszintes pontosságot eredményez (95%-os megbízhatósággal).

Galileo HAS ütemterv

A Galileo HAS több éven át három fázisban kerül megvalósításra. A 0. fázis 2019-ben kezdődött, és belső teszteléssel és validálással foglalkozott. 2023 januárjában a Galileo HAS a megvalósítás 1. fázisába, azaz a „kezdeti szolgáltatás” szakaszába lépett. A jelenlegi 1. fázisban a Galileo HAS globális lefedettséget biztosít, amit az üzemeltetők „1. szolgáltatási szintnek” neveznek. A végleges fázisra két szolgáltatási szintet javasoltak a végrehajtási ütemtervben. Az 1. szolgáltatási szint (SL1) végül 20 cm-es pontosságot biztosít világszerte, kevesebb mint öt perces konvergenciaidővel. A 2. szolgáltatási szint (SL2) csak Európában lesz elérhető, és szintén 20 cm-es pontosságot biztosít. Az SL2 területén azonban a konvergenciaidő kevesebb mint két percre csökken, míg máshol a konvergenciaidő 5 perc vagy annál jobb küszöbérték marad.

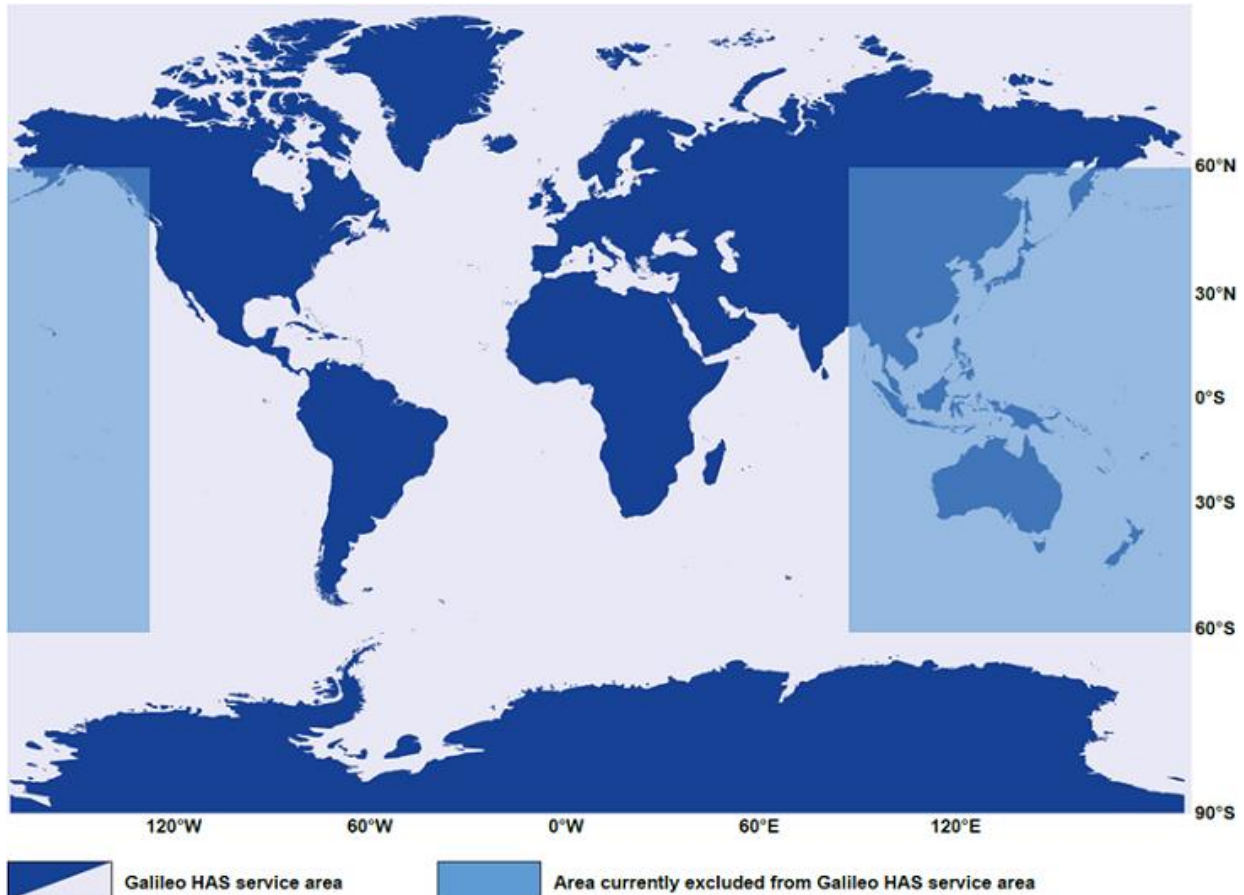
Az SL2 a 2. fázisban lesz elérhető Európában, amely „teljes szolgáltatásként” lesz ismert, és várhatóan 2024 elején indul el.

Jelenleg az 1. fázis kezdeti szolgáltatása csökkentett teljesítménycélokkal működik, és világszerte SL1-ben üzemel. Az SL1 korrekciókat biztosít a műholdak pályájához/óráihoz, de még nem a kód/fázis eltéréseihez. Emiatt az SL1 jelenlegi konvergenciaideje világszerte körülbelül 25–60 perc.

Jövőre, a 2. fázisban, vagyis a „teljes szolgáltatás” során, az SL1 világszerte <300 másodperces (öt perc alatti) konvergenciaidőt biztosít. Ugyanakkor az SL2 Európában továbbra is <20 cm-es pontosságot biztosít, de javított konvergenciaidővel () <100

másodperc (két perc alatt). Ez légköri korrekciós modellek alkalmazásával, jobb korrekciók beépítésével valósul meg.

A Galileo HAS jelenlegi szolgáltatási területe az a földrajzi terület, amelyen a Galileo HAS felhasználói az Európai Unió [Galileo HAS szolgáltatási definíciós dokumentumában \(SDD\)](#) meghatározott minimális teljesítményszintek (MPL) teljesülését várhatják.



Kép forrása: „[Galileo HAS szolgáltatásdefiníciós dokumentum, 1.0 kiadás, 2023. január](#)” © Európai GNSS Ügynökség, 2020

A fenti ábrán látható a Galileo HAS szolgáltatás területének térképe. Felhívjuk figyelmét, hogy Ausztrália és környéke jelenleg nem tartozik a Galileo HAS szolgáltatás területéhez.

Felhívjuk figyelmét, hogy a szolgáltatási terület globális, kivéve a fenti ábrán feltüntetett következő területeket:

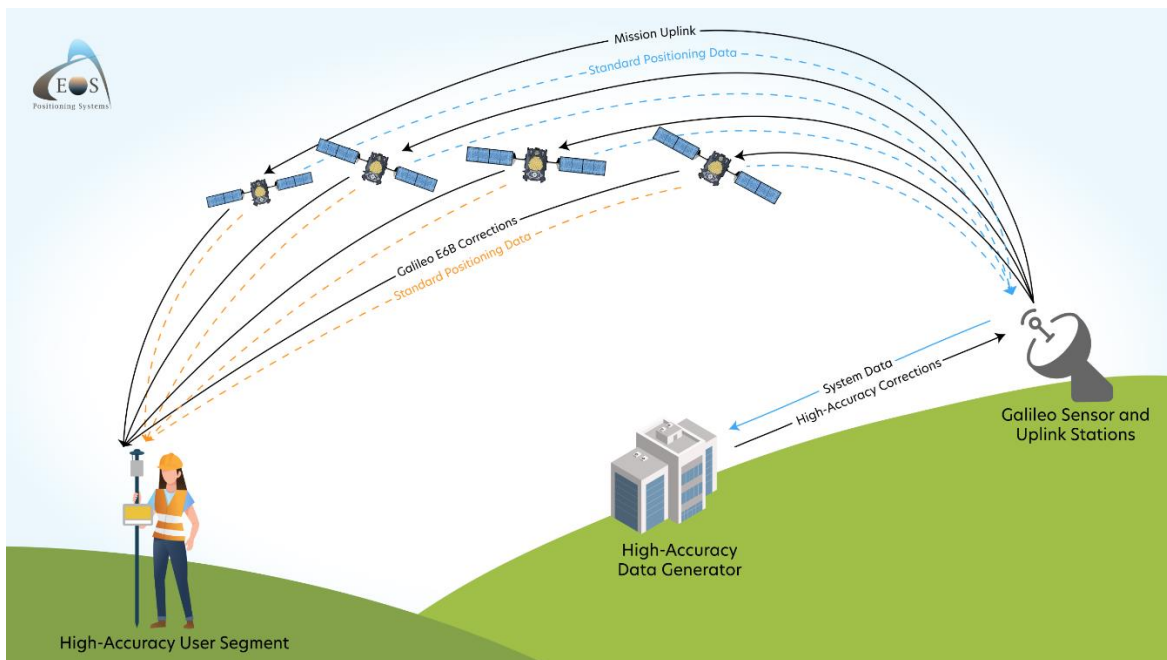
- *A $[60^{\circ}\text{S} - 60^{\circ}\text{N}]$ szélességi és $[90^{\circ}\text{E} - 180^{\circ}\text{E}]$ hosszúsági körökkel meghatározott téglalap*
- *A $[60^{\circ}\text{S} - 60^{\circ}\text{N}]$ szélességi és $[125^{\circ}\text{W} - 180^{\circ}\text{W}]$ hosszúsági körökkel meghatározott téglalap*

Ez nem akadályozza meg a felhasználókat abban, hogy Galileo HAS korrekciókat fogadjanak és alkalmazzanak abban a régióban, ha véletlenül képesek azokat fogadni a Galileo konstellációból. Azonban nincs garancia arra, hogy az MPL-ek teljesülnek, ezért eltérő teljesítmény figyelhető meg.

Hogyan működik a Galileo HAS?

A Galileo HAS egy precíz pontpozicionáló (PPP) szolgáltatás, amely egy globális földi referenciállomás-hálózatból számítja ki a műholdak pályáját és órajavításait, majd ezeket a javításokat továbbítja a felhasználóknak. A tipikus PPP-rendszerekben, mint például [az Atlas®](#), a földi állomások felküldik javításaikat a geostacionárius műholdaknak, amelyek aztán azokat űrbeli jelek (SiS) útján továbbítják.

A Galileo HAS és a tipikus PPP-szolgáltatás közötti különbség az, hogy a Galileo földi referenciállomásai által generált korrekciós adatokat *minden Galileo műhold sugározza*, nem pedig csak egy-három műhold, mint a hagyományos PPP-rendszerekben és még az SBAS-ban is.



Az Eos Positioning Systems által a [„Galileo High Accuracy Service \(HAS\) Info Note”](#) információi alapján készített grafika

Ahhoz, hogy a korrekciók hasznosak legyenek, a végfelhasználóknak kompatibilis GNSS vevővel kell rendelkezniük, amely nemcsak több konstellációt és több frekvenciát támogat (beleértve a szükséges E6 frekvenciát is), hanem képes a Galileo HAS korrekciós üzenetformátumok dekódolására is. Konkrétan, a vevőnek követnie kell a GPS L1/L2/L5 és a Galileo E1/E5/E6 frekvenciákat.

Az Eos Positioning Systems® 2021-ben, a Galileo HAS megjelenésére készülve hozta forgalomba az [Arrow Gold+™](#) és 2025-ben az Skadi Gold GNSS vevőt. Az Arrow Gold+ és Skadi Gold újabb újdonságot jelent a térképészeti és GIS piacon. Egyetlen vevővel és fizetős előfizetés nélkül a differenciális korrekciós forráshoz, a felhasználó 20 cm alatti vízszintes és 40 cm alatti függőleges pontosságot érhet el.

A fenti képernyőképen az Eos Tools Pro „Position” (Pozíció) fülje látható. Ezen a fülön a felhasználók figyelemmel kísérhetik a differenciális korrekciós forrást, a használt műholdak számát és egybevet.

A fenti képernyőképen az Eos Tools Pro „RTK Status” (RTK állapot) fülét láthatjuk. Ezen a fülön a felhasználók megtekinthetik a differenciális korrekciós forrásuk állapotát, jelen esetben a Galileo HAS-t.

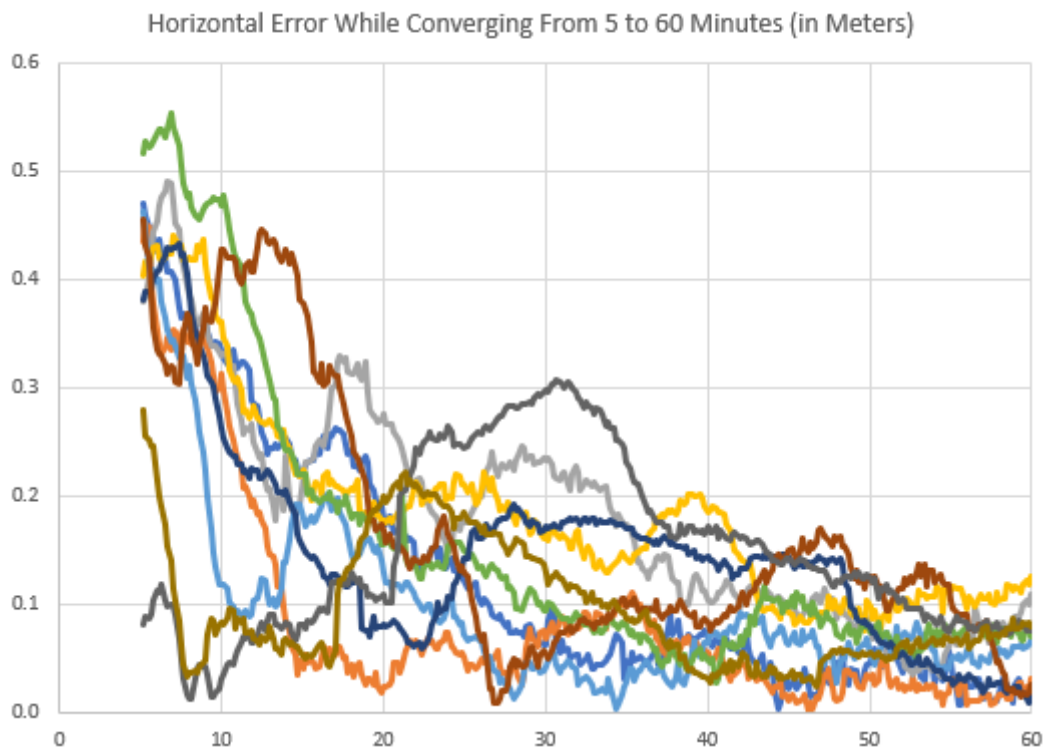
Az Arrow Gold+ és Skadi Gold tipikus teljesítménye a Galileo HAS kezdeti szolgáltatásának használatával

Mivel a Galileo HAS jelenleg az 1. fázisú kezdeti szolgáltatás bevezetési szakaszában van, teljesítménycsökkenésre kell számítani, különösen a konvergenciaidők tekintetében.

A legutóbbi bétatesztek során az Eos partnerei és munkatársai két teljesítménymutatót figyeltek meg, a konvergenciaidőt és az abszolút pontosságot, amikor a Galileo HAS-hoz csatlakoztatott Arrow Gold+ GNSS vevőt használtak a korrekciókhoz. Az Arrow Gold+ készüléket egy nagyon pontos ellenőrző pont felett állították be. Az ellenőrző pont koordinátáit a Kanadai Természeti Erőforrások Minisztériumának Kanadai Geodéziai Szolgálatával elérhető PPP szolgáltatás segítségével számították ki.

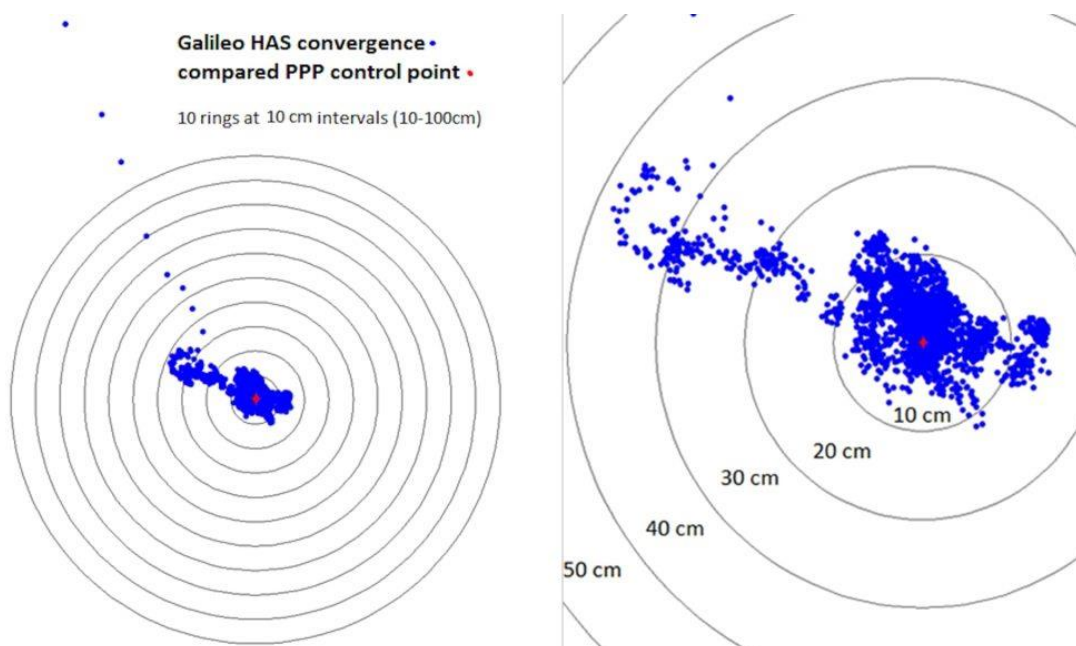
A PPP egy fejlett technika, amelyet a GNSS-adatok utólagos feldolgozására használnak. A PPP-szolgáltatás a GNSS-vevők globális hálózatából származó pontos műholdpálya-, óra- és eltéréskorrekciókat használ a földgömbön bárhol található, nagy pontosságú pozíciók kiszámításához. A PPP-ből származó kontrollpont-koordinátákat az adatgyűjtés után hat nappal dolgozták fel, hogy biztosítsák a pontos pályák használatát az összehasonlítás során. A kontrollpontok koordinátáira vonatkozó hibabecslések eredménye 5 mm, 4 mm és 15 mm volt a szélesség, hosszúság és magasság tekintetében (sorrendben).

Minden teszt során több egyórás GNSS-adatgyűjtési munkamenetet rögzítettünk, beleértve a Galileo HAS-korrekciókat is. Ezeket a HAS-korrigált pozíciókat összehasonlítottuk a rendkívül pontos PPP-ellenőrzőpont-koordinátáinkkal. Az alábbi ábrák a Galileo HAS konvergencia-tesztek során csökkenő vízszintes hibát mutatják. A legtöbb tesztben a HAS-korrigált pozíciók egy óra adatgyűjtés után 10 cm-en belül voltak az ellenőrzőpontunktól.

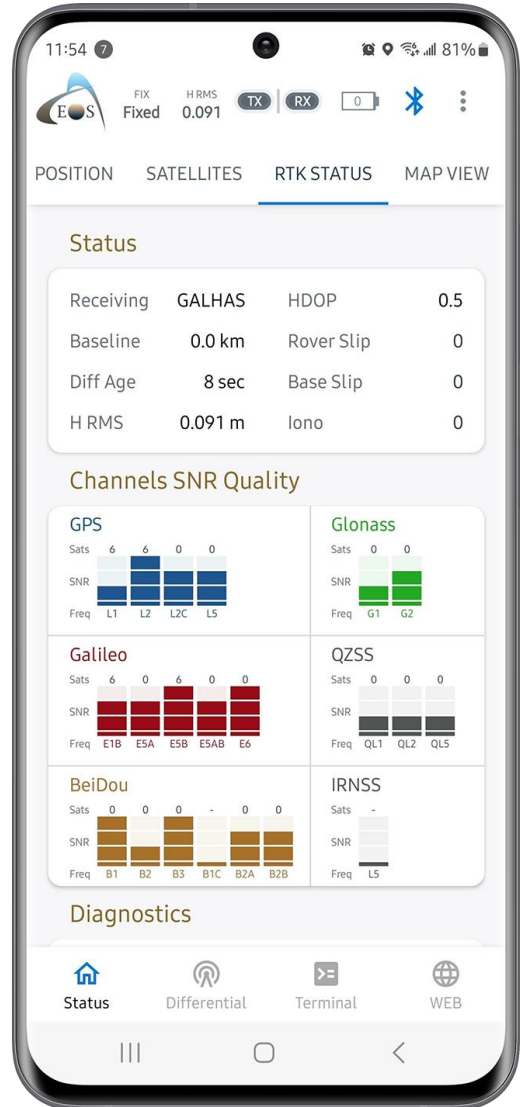
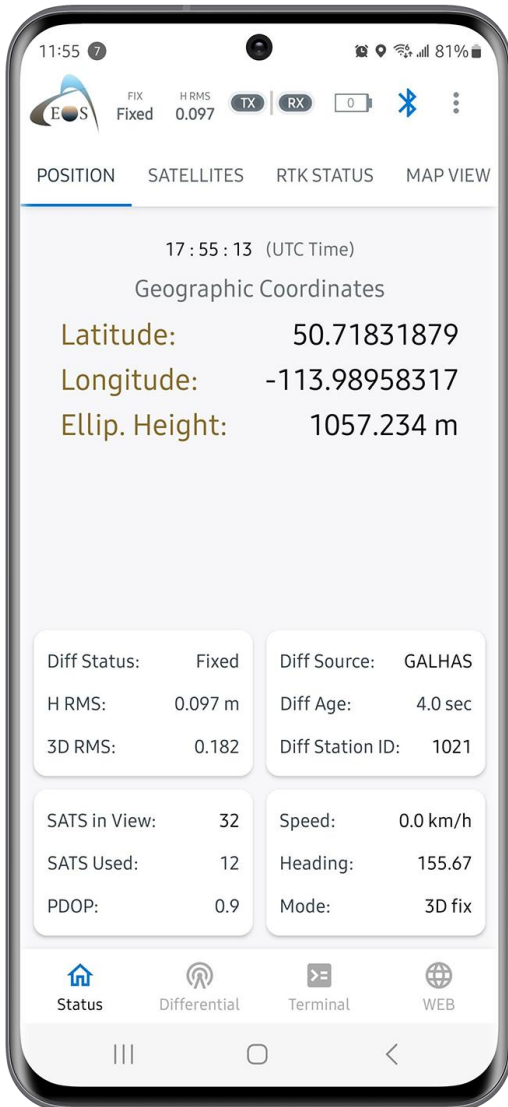


A fenti ábra a Galileo HAS konvergencia tesztek során csökkenő vízszintes hibát mutatja. A tesztek többségében a Galileo HAS korrigált pozíciók 10 cm-en belül voltak a beállított ellenőrző ponttól.

Az alábbi ábra a Galileo HAS által korrigált pozíciókat mutatja, amelyeket időben gyűjtöttek (a pozíciókat másodpercenként gyűjtötték). Az Arrow Gold+ és Skadi Gold fogadja és feldolgozza a Galileo műholdaktól az E6B jelen keresztül kapott Galileo HAS korrekciókat. Az alábbiakban látható, hogy körülbelül 60 perc elteltével a legjobb elérhető pontosság <20 centiméter, és amikor egy fix megoldás születik, az Arrow Gold+ Skadi Gold és akár a deciméteres szint alá is le tud jutni. Ez a szolgáltatás által megadott pontosságon belül van, amely nominális körülmények között <20 cm.



A fenti szórásdiagram a Galileo HAS által korrigált pozíciókat mutatja, amelyeket egy másodperces intervallummal gyűjtöttek. Körülbelül 60 perc elteltével a legjobb pontosság, amelyet elértünk, 20 centiméter alatt volt. Amikor fix megoldást értünk el, az Arrow Gold+ és Skadi Gold képes szubdeciméteres pontosságot elérni.



Meg kell várnunk, amíg a HAS a 2. fázisba (teljes szolgáltatás) lép, mielőtt a konvergencia időtartama globálisan 300 másodperc alá (körülbelül 5 perc), Európában pedig 100 másodperc alá (körülbelül másfél perc) csökken.

HAS	SERVICE LEVEL 1	SERVICE LEVEL 2
COVERAGE	Global	European Coverage Area (ECA)
TYPE OF CORRECTIONS	PPP - orbit, clock, biases (code and phase)	PPP - orbit, clock, biases (code and phase) incl. atmospheric corrections
FORMAT OF CORRECTIONS	Open format similar to Compact-SSR (CSSR)	Open format similar to Compact-SSR (CSSR)
DISSEMINATION OF CORRECTIONS	Galileo E6B using 448 bits per satellite per second / terrestrial (internet)	Galileo E6B using 448 bits per satellite per second / terrestrial (internet)
SUPPORTED CONSTELLATIONS	Galileo, GPS	Galileo, GPS
SUPPORTED FREQUENCIES	E1/E5a/E5b/E6; E5 AltBOC L1/L5; L2C	E1/E5a/E5b/E6; E5 AltBOC L1/L5; L2C
HORIZONTAL ACCURACY 95%	<20 cm	<20 cm
VERTICAL ACCURACY 95%	<40 cm	<40 cm
CONVERGENCE TIME	<300 s	<100 s
AVAILABILITY	99%	99%
USER HELPDESK	24/7	24/7

Forrás: „[Galileo High Accuracy Service \(HAS\) Info Note](#)” © European GNSS Agency, 2020

Adatfontosságú szempontok

A Galileo HAS rendszer egy speciális referenciakeretet használ, amelyet Galileo Terrestrial Reference Frame (GTRF) néven ismernek. A GTRF az International Terrestrial Reference System (ITRS) független megvalósítása, és a Galileo érzékelőállomások becslt koordinátáin alapul. Egy adott pont esetében az ITRF és a GTRF koordináták közötti különbség kevesebb, mint 3 cm.

A GPS és a Galileo közötti interoperabilitást figyelembe kell venni, mivel a GPS és a Galileo referenciakeretei az ITRF közeli változatai. Ez magas szintű interoperabilitást biztosít a GPS-szel és a Galileóval gyűjtött pozíciók között.

10:13 3 99%

FIX Fixed H RMS 0.067 TX RX

POSITION SATELLITES RTK STATUS MAP VIEW

HTv2.0 / CGVD28 (NAD83 CSRS) In Use: -15.7472

Diff Status:	Fixed	Diff Source:	GALHAS
H RMS:	0.067 m	Diff Age:	6.0 sec
3D RMS:	0.108	Diff Station ID:	1021

Status Config Differential Terminal WEB

Az Arrow Gold+ és Skadi Gold GNSS vevő és a fix Galileo HAS jel használatával bárki a rendelkezésre álló szolgáltatási területen belül <20 cm-es pontosságot érhet el.

Most, hogy a Galileo HAS belépett a bevezetés kezdeti szakaszába, a térképészeti és GIS közösség már ma is profitálhat belőle. Az Arrow Gold+ GNSS vevő használatával bárki a kezdeti szolgáltatási területen belül <20 cm-es pontosságot érhet el.

Érdeklí a kezdés? [Vegye fel a kapcsolatot csapatunkkal](#) még ma, és érdeklődjön a Galileo HAS Arrow Gold+ és Skadi Gold készülékekkel való használatáról.