POLITECNICO DI TORINO

DITAG

Dipartimento di Ingegneria del Territorio, dell'Ambiente e delle Geotecnologie

# *Il beneficio delle reti di stazioni permenenti per ricevitori a basso costo*

Autori: Alberto Cina
Mattia De Agostino
Ambrogio Manzino
Chiara Porporato

# *Indice della presentazione*


1. SCOPI
2. LE RETI GNSS
3. METODI DI TEST
4. TEST IN REAL TIME
5. TEST IN POST PROCESSING
6. FILES VIRTUAL RINEX
7. CONCLUSIONI

# *Premesse e scopi*

Il numero di ricevitori "*low cost*" è in continuo aumento

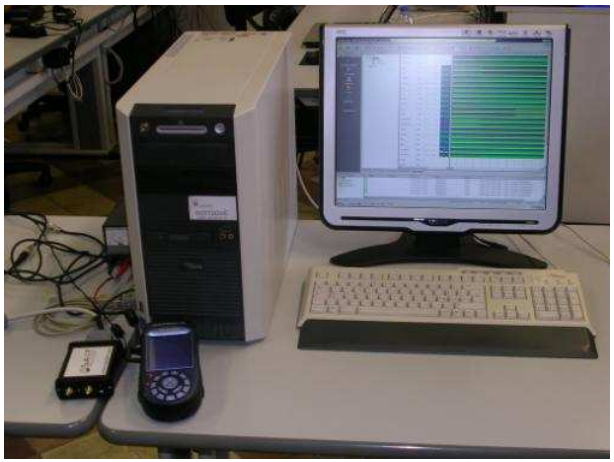
Vogliamo capire il loro comportamento con l'uso dei prodotti di rete GNSS sia in ambito cinematico che statico.

Abbiamo scelto allo scopo ricevitori "*mass market*" e GIS che potessero essere usati per entrambi I tipi di posizionamento.

# *METODO DI VERIFICA*

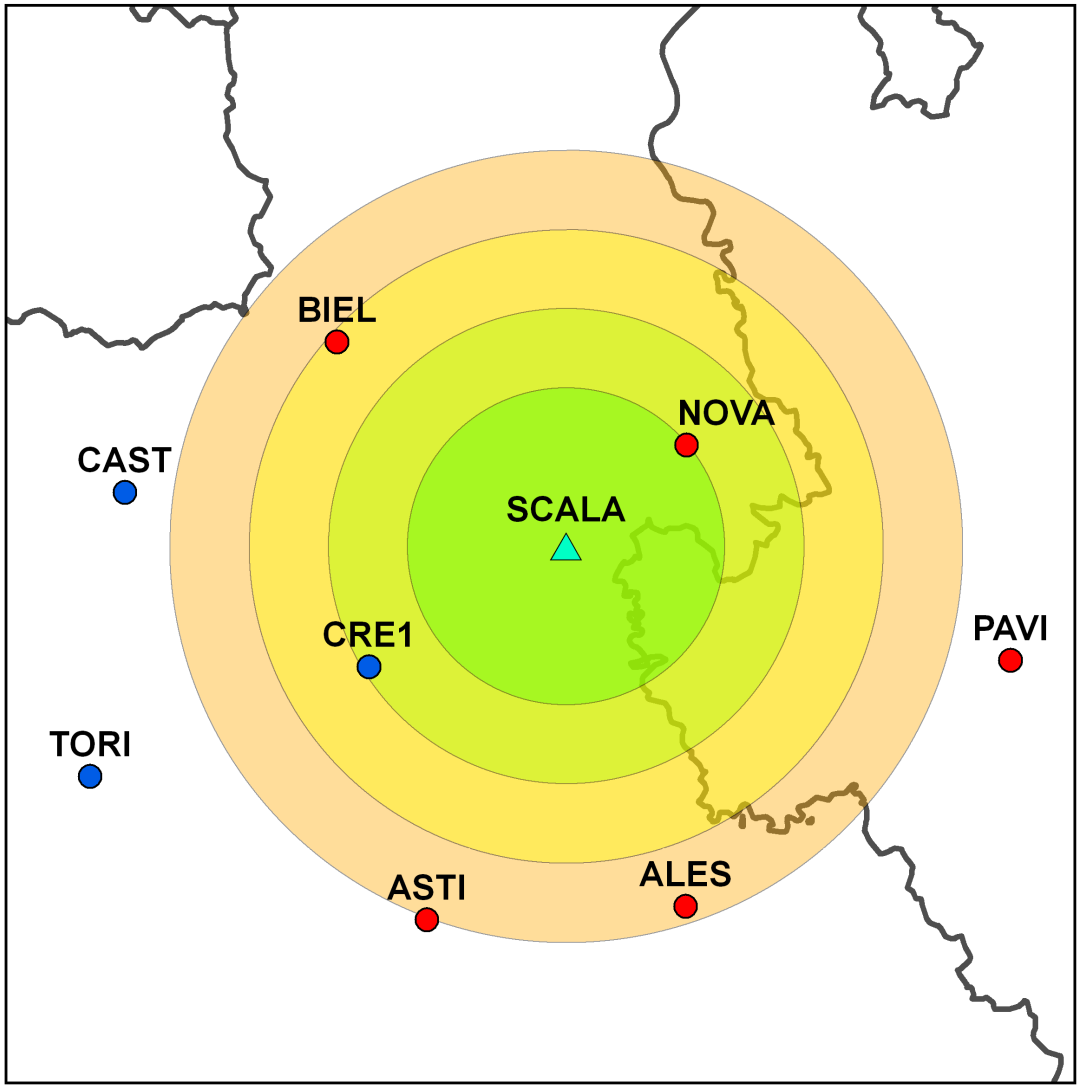
Tutti i ricevitori sono stati connessi con una specifica antenna montata su un sito di posizione nota.

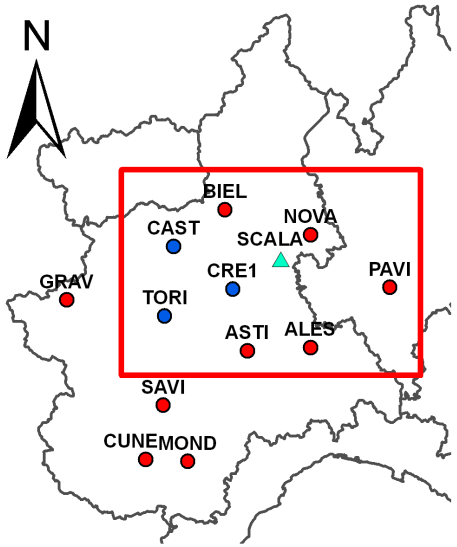
Per avere soluzioni indipendenti dalla configurazione dei satelliti, sono state acquisite **24 ore** di misuse a 1s, sia in real time (RT) che in post processing (PP).



Il punto è più o meno nel **baricentro** di alcune stazioni permanenti.

# SITO DI MISURA




**Legend**

- GPS only
- GPS & GLONASS
- 20 kilometers
- 30 kilometers
- 40 kilometers
- 50 kilometers

# RICEVITORI

Nei test sono stati usati sia ricevitori mass market che ricevitori GIS.

**Ricevitori Mass Market**

**Ricevitori GIS**

# RICEVITORI MASS MARKET

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nome** | u-blox LEI 4 H | Garmin GPSMap 76 | Garmin 12-xl |
| **L1 C.Phase** | si | si (*) | si (*) |
| **DGPS** | si | si | si |
| **Costo** | € 300 | € 150 | € 100 |

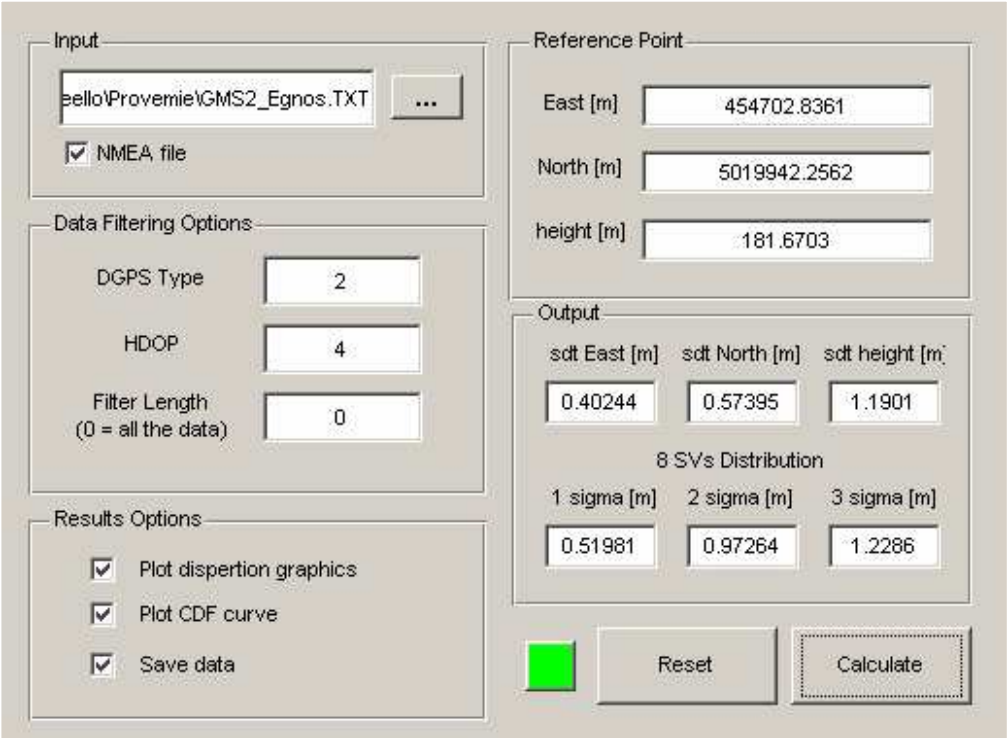
(*) = solo con specifico software (ad es. Rhino Rover)

# RICEVITORI GIS

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Nome** | Magellan DG14 | Magellan MMCE | Leica GS20 | Topcon GMS2 | Trimble ProXT |
| **GLO** | no | no | no | si | no |
| **RTCM 18-19** | no | no | si | no | no |
| **Costo** | € 1300 | € 2000 | € 3500 | € 5000 | € 2000 |

# SOFTWARE E ANALISI DATI

È stato costruito un software in MATLAB® : **GNSSDA** (**GNSS D**ata **A**nalyzer) che prevede:



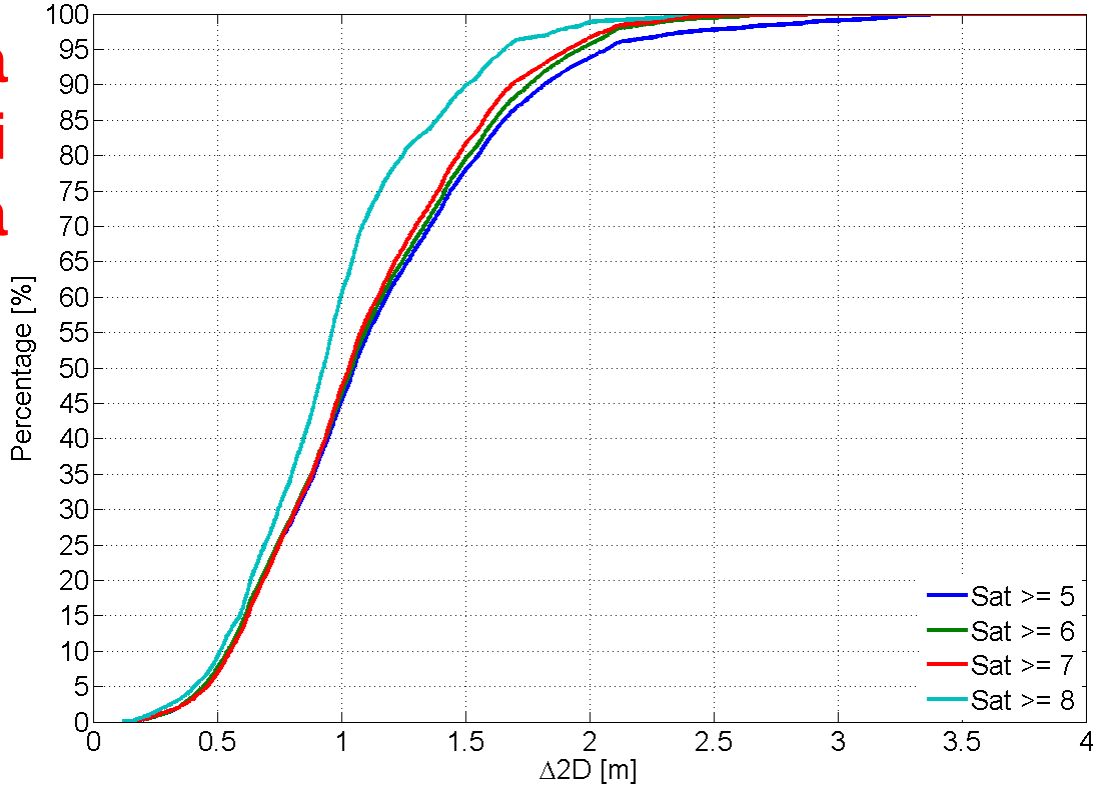

- ✓ Input da file testo ASCII, o da ASCII NMEA o file Excel
- ✓ Verifica su diversi record: (DGPS/RTK/Stand alone..)
- ✓ Fisaggio di HDOP mask
- ✓ Esegue (o non) filtro di media mobile
- ✓ Disegna grafici di dispersione
- ✓ Disegna curve cumulative di dispersione
- ✓ Calcola elementi statistici (rispetto coordinate note);
- ✓ Calcola posizione filtrata media

# *Possibilità di analisi*

**È possibile costruire la funzione cumulativa di densità**

In seguito vedremo solo **risultati planimetrici** con:

- HDOP max = 4
- nr. of satelliti >= 7
- ci riferiamo al 95%



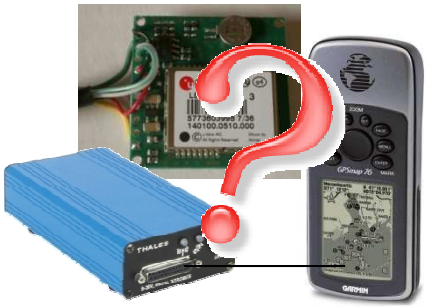

Vedremo solo risultati planimetrici, infatti i ricevitori di questi prezzi sono usati per scopi GIS o altri scopi ove **la misura di h non è indispensabile**.

# *ANALISI DEI DATI*

Per ragioni commerciali i test comparativi seguenti non portano il nome della marca del ricevitore.

I dati presentati pertanto rappresentano un **comportamento media** della categoria dei ricevitori.

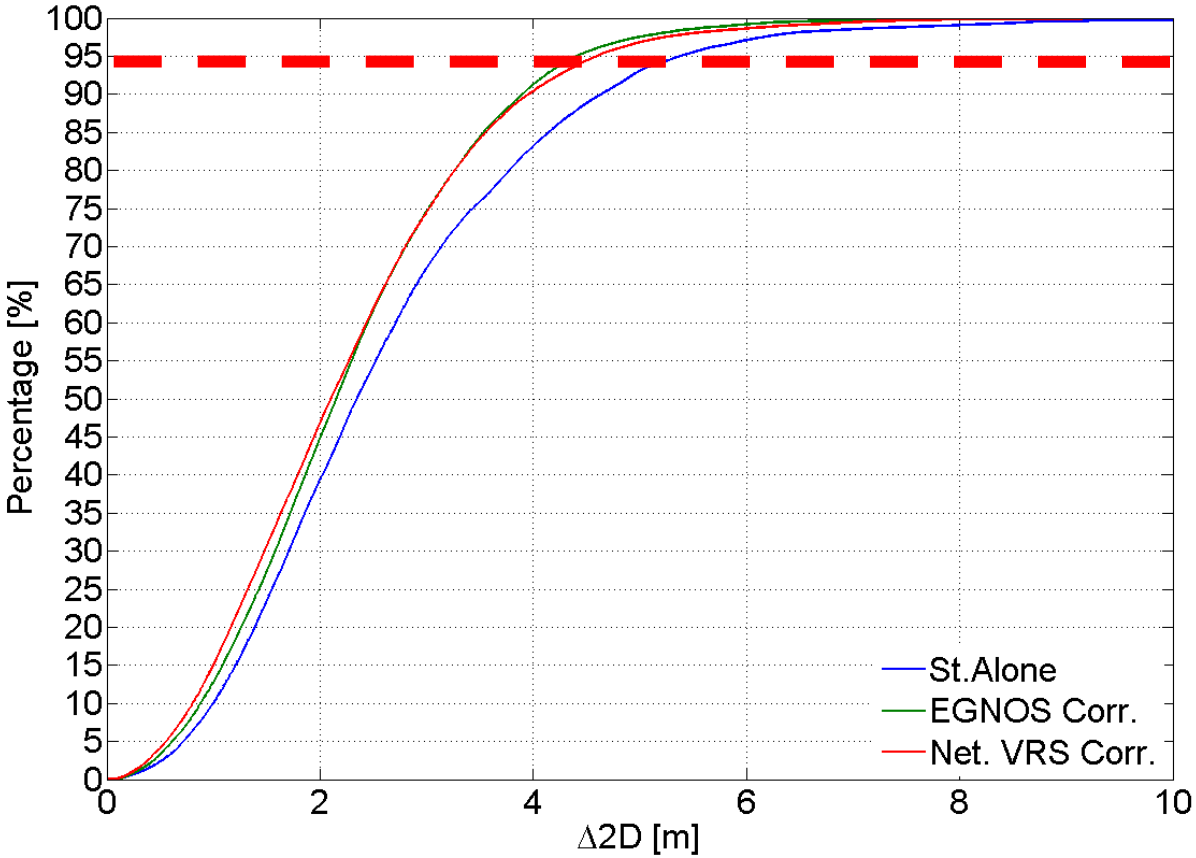
Consideriamo tuttavia importante il confronto perché ci fornisce un'idea statistica dei valori di precisione ed accuratezza che si possono ottenere.



# TEST RT: RICEVITORI MASS MARKET

Precisioni al 95%

| | |
|---|---|
| St. Alone: | 5.4 m |
| EGNOS: | 4.5 m |
| Rete VRS: | 4.7 m |

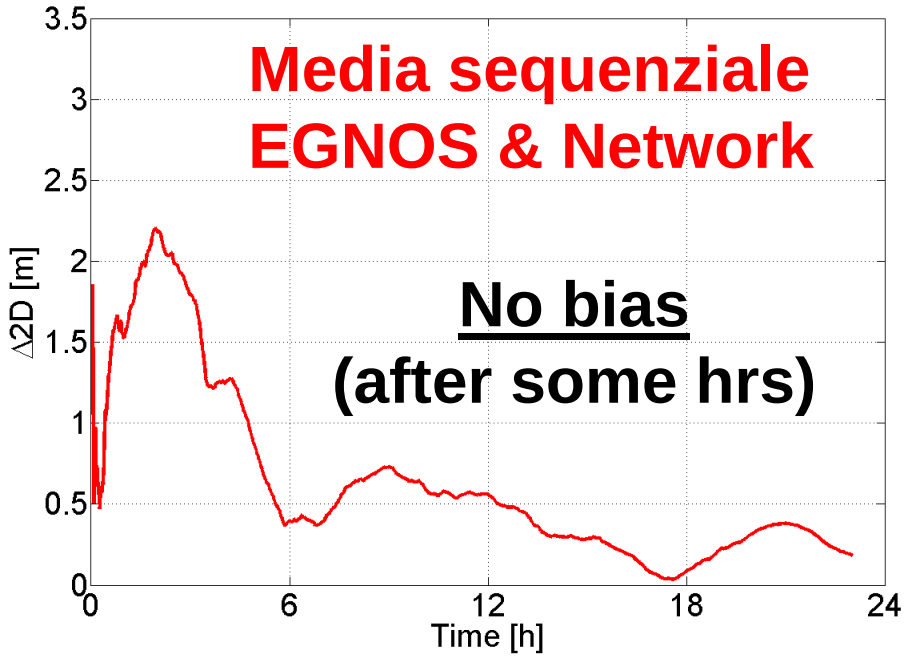



**Osservazioni:**

- Il massimo valore di “augmentation” è circa **1 metro**
- L’uso di correzioni di rete o di EGNOS **non è** un beneficio

# TEST RT: RICEVITORI MASS MARKET

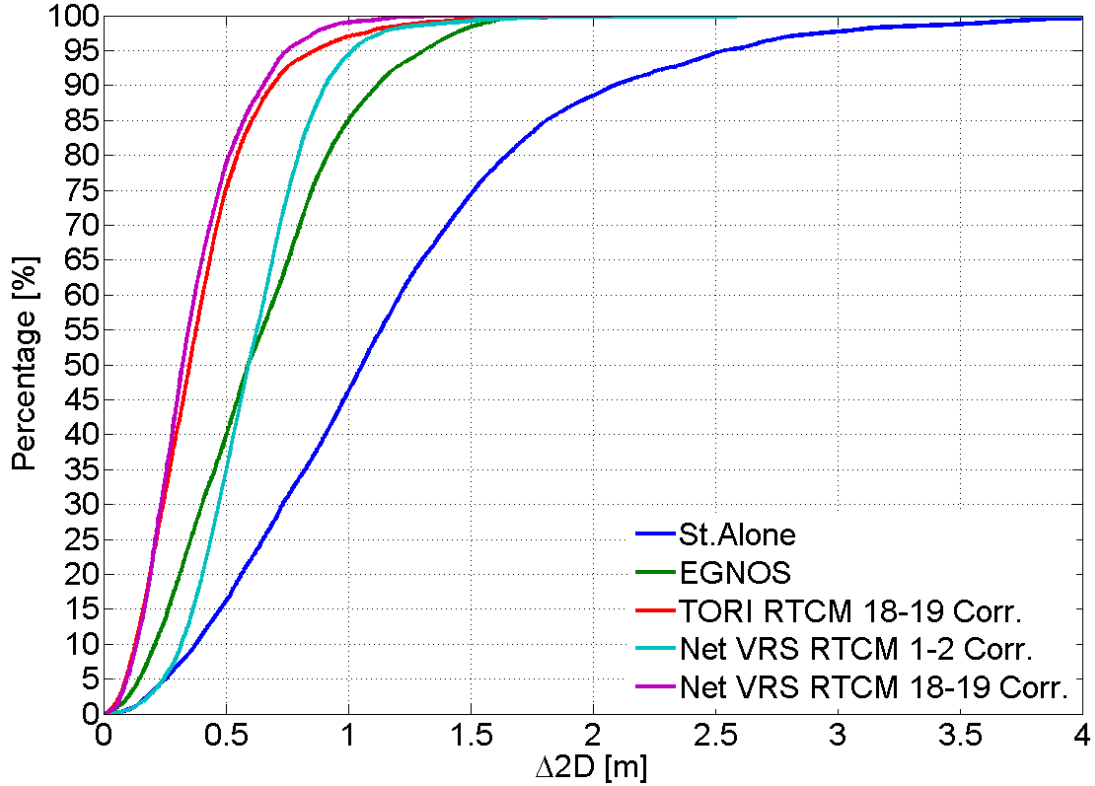
… **ma** EGNOS o la rete possono rimuovere il bias Stand Alone nel posizionamento!



# TESTS RT: RICEVITORI GIS

Precisioni al 95%

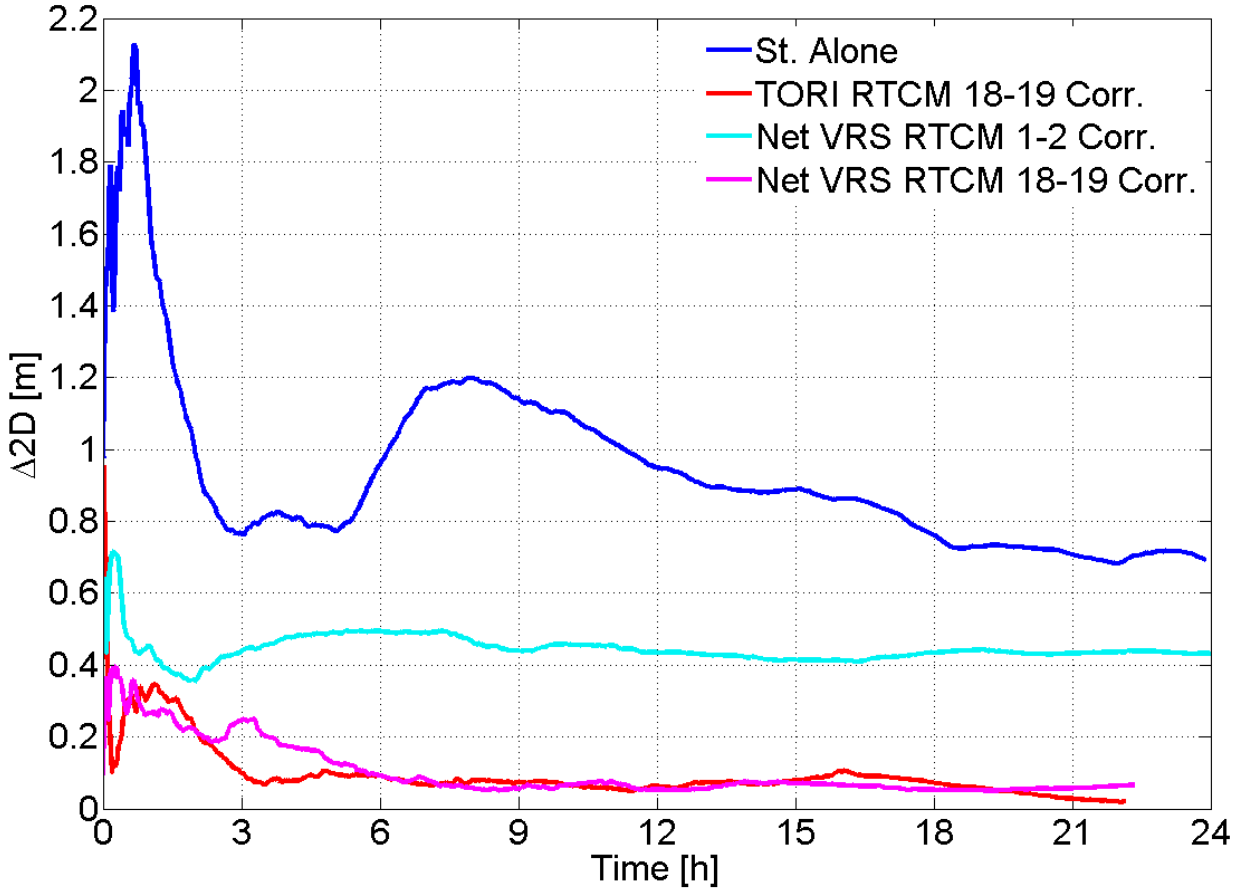
| | |
|---|---|
| St. Alone: | 2.50 m |
| EGNOS: | 1.25 m |
| Net RTCM 1-2: | 1.05 m |
| TORI RTCM 18-19: | 0.80 m |
| Net RTCM 18-19: | 0.74 m |




**Osservazioni:**

- TORI (da 80 km e con RTCM 18-19) e VRS RTCM 18-19 (fase) sono meglio che le correzioni di codice VRS RTCM 1-2

## Medie sequenziali



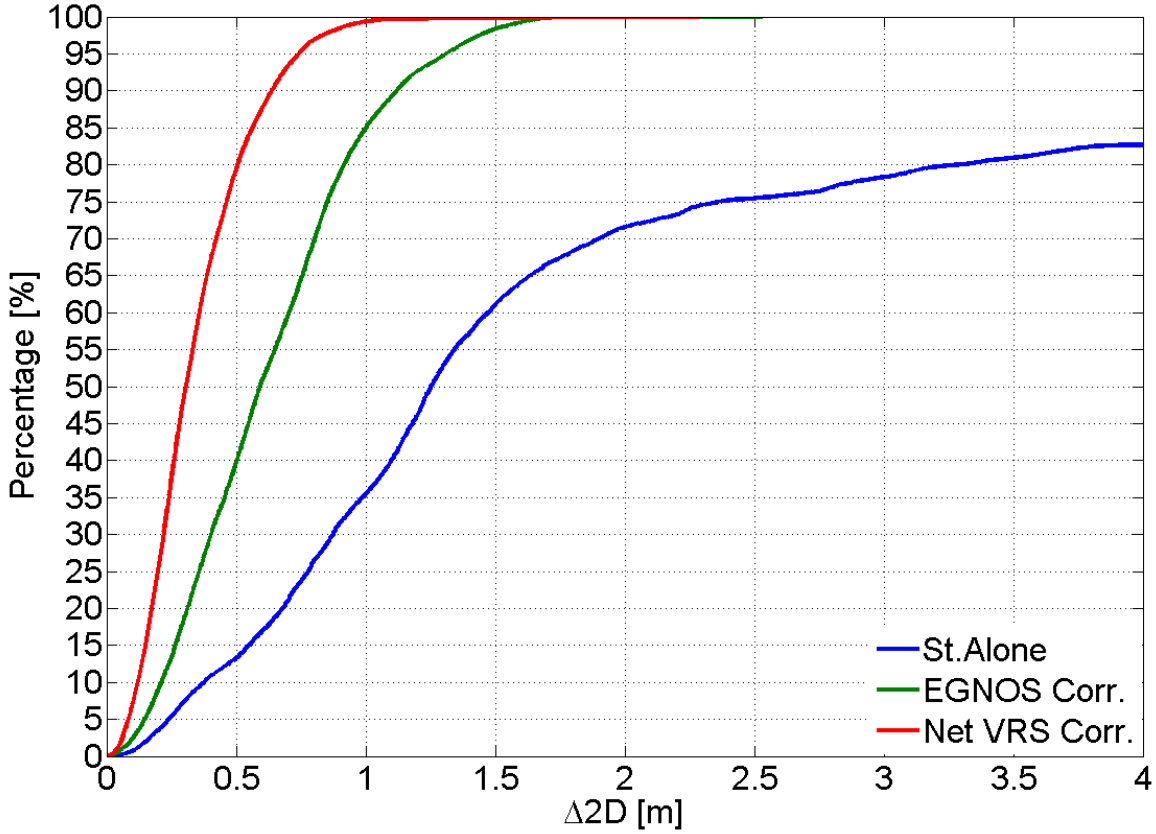

## Osservazioni:

- St. Alone e Net RTCM 1-2 contengono un **bias**.
- Le posizioni RTCM 18-19 (da rete o singole stazioni) sono precise e accurate.
- Dopo 6 ore l'accuratezza è **meno di 0.1 m**!

# TEST RT: SCOPERTA DI GROSS ERRORS

Precisioni al 95%

St. Alone: Gross errors!
EGNOS: 1.30 m
Net VRS: 0.75 m



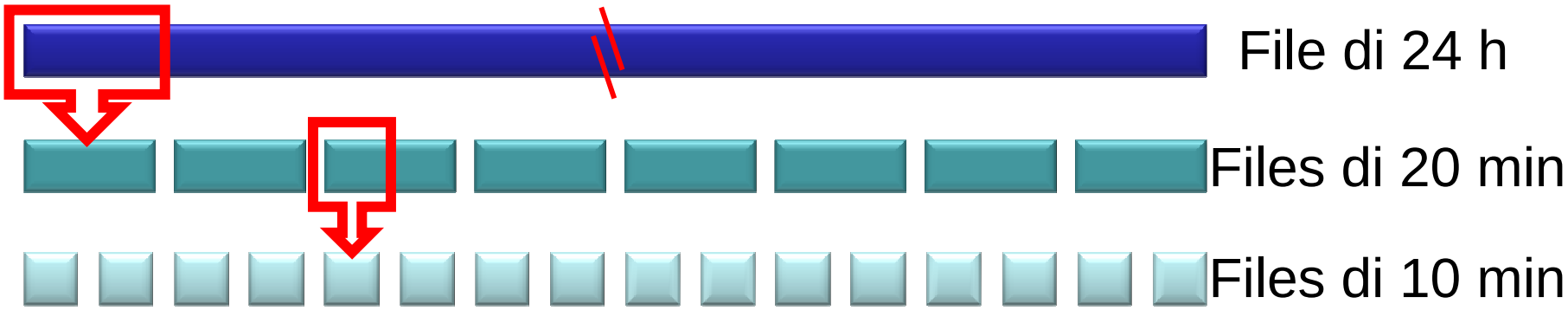

**Conclusioni:**

- St. Alone: gli stessi gross error sono presenti in altri 4 giorni
- la maschera HDOP= 4 non basta a rimuoverli ma…
- Le correzioni (anche EGNOS) li rimuovono

# TEST IN POST PROCESSING

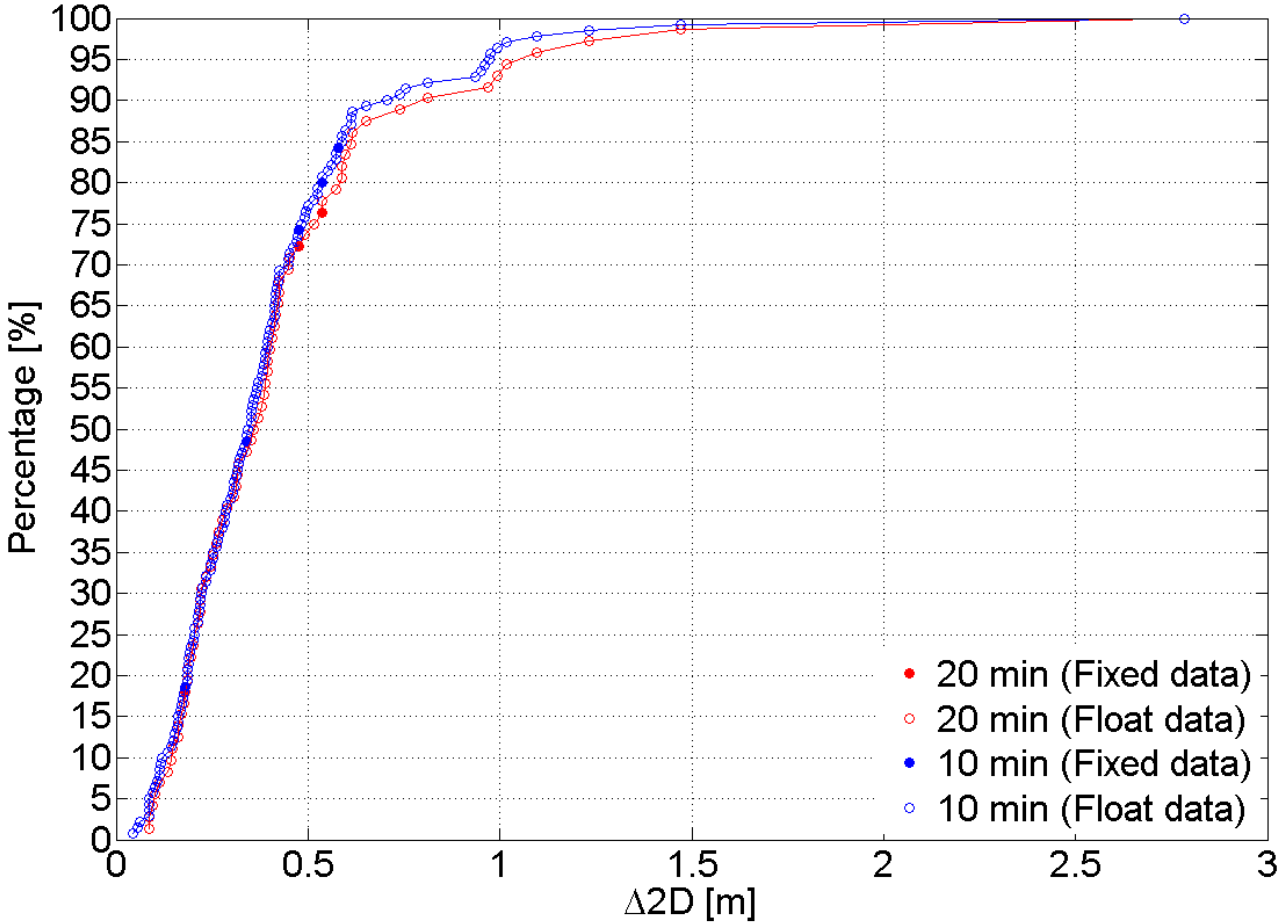
Sono stati salvate le misuse di codice e fase L1 in files RINEX per comprendere la precisione in post processing.

I files di 24 ore sono stati tagliati in due insiemi di lunghezza rispettivamente di 20 e 10 minuti.



# TEST PP: RICEVITORI MASS MARKET

Stazione base:
**CRES** (**a 30 km**)




Precisioni al 95% =

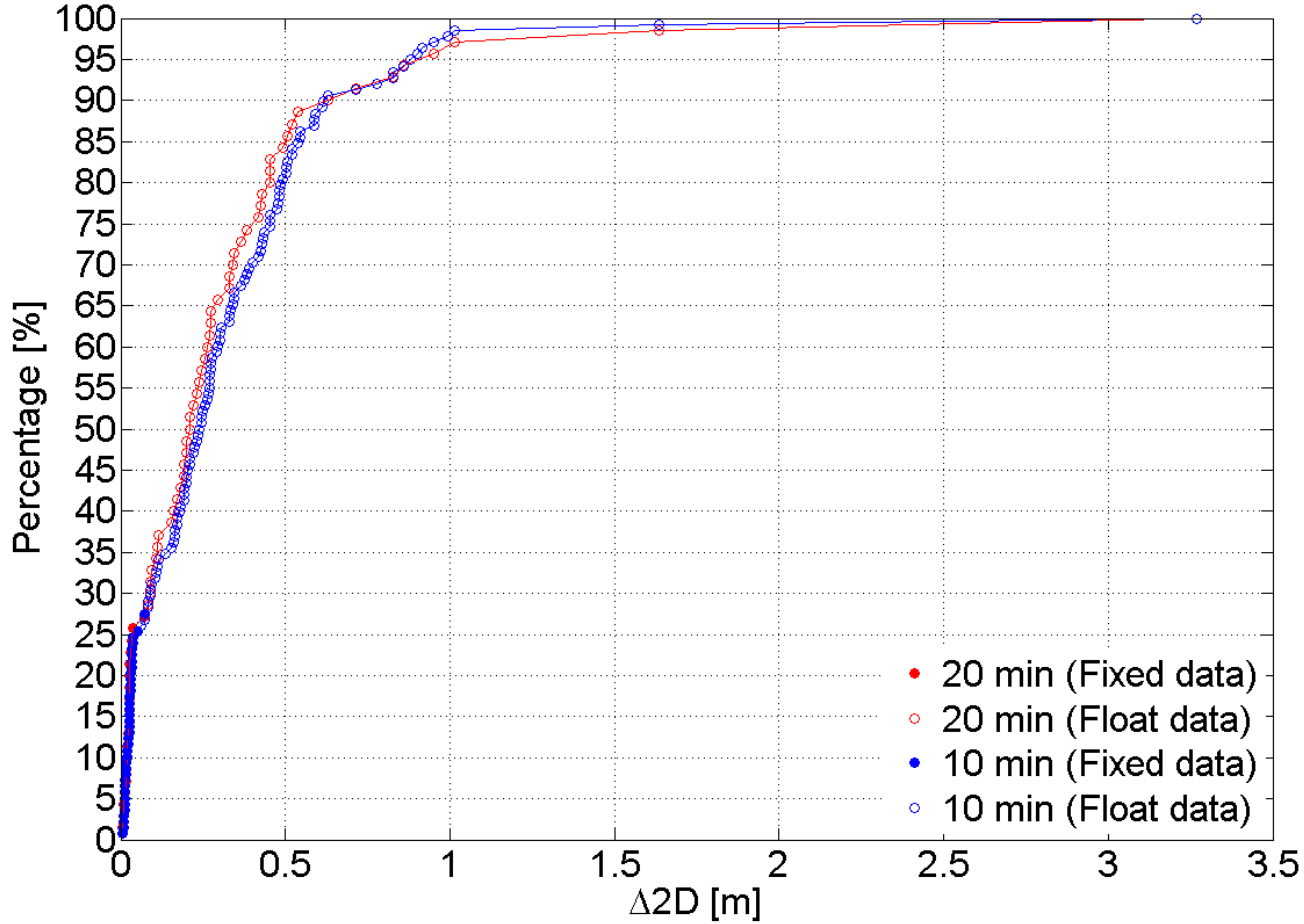
1.0 m

**Osservazioni:**

- I test non hanno visto migliorie usando 20 minuti o 10 minuti di dati: sessioni di 10 minuti sono sufficienti.

# TESTS PP: RICEVITORI GIS

Stazione base:
**CRES** (**30 km**)




Precisioni al 95%

0.8 m

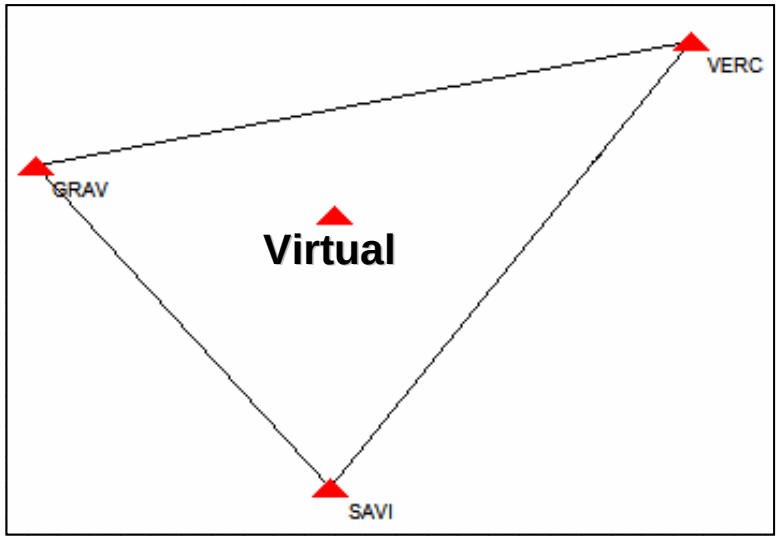
**Osservazioni:**

- Le precisioni sono uguali a quelle in real time (con correzioni di fase RTCM 18-19).

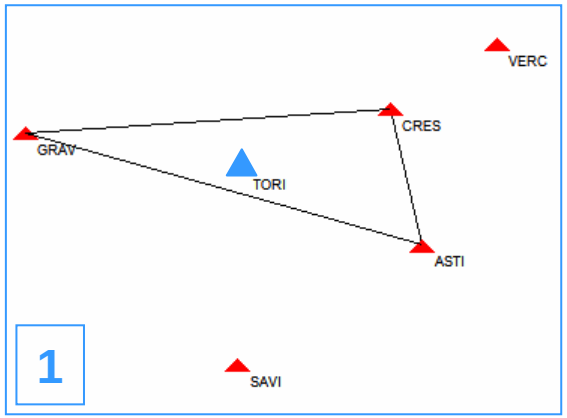
# *I RINEX VIRTUAL: UN PRODOTTO DI RETE PER PP*

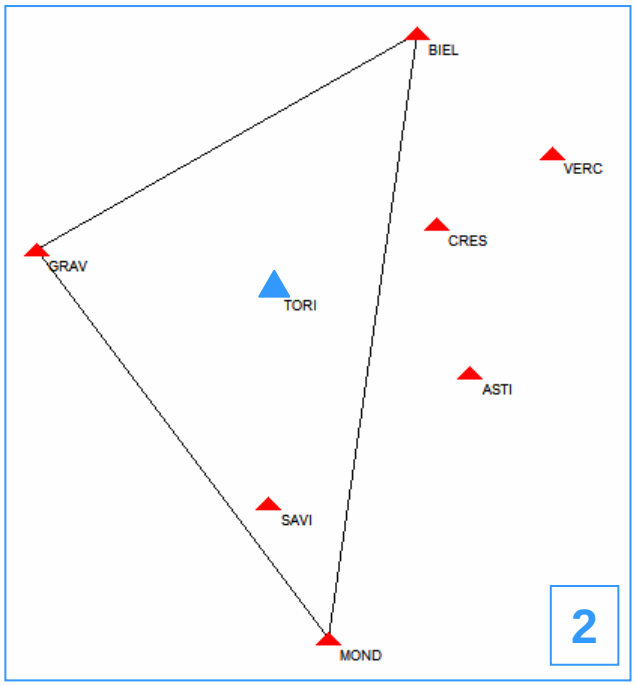
Una stazione virtuale può migliorare precisione e accuratezza?
Qual'è l'accuratezza intrinseca dei **V**irtual **R**INEX **F**iles (**VRF**)?

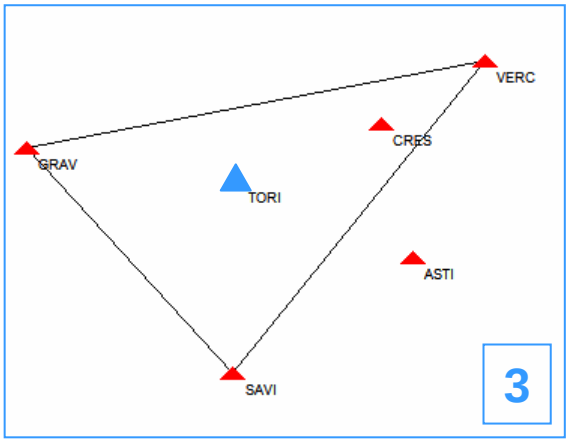
Usando il software **TTC®** (Trimble Total Control) si sono create VRFs con **aree triangolari**. Sono stati eseguiti alcuni test per capire come la **dimensione dell'area** cambia la precisione dei VRF.



Sono state scelte tre superfici trangolari (3 stazioni permanenti) con al centro un'altra stazione permanente (TORI) e si sono generati dati virtuali nella posizione della stazione reale.




| 1 [km²] | 2 [km²] | 3 [km²] |
|---|---|---|
| 1400 | 3550 | 4897 |

| ΔX [m] | ΔY [m] | ΔZ [m] |
|---|---|---|
| 0.067 | 0.011 | 0.043 |

Il trattamento di 24 ore di "base zero" nei tre casi ha dato quasi gli stessi risultati. La configurazione 1 è leggermente migliore.

# TESTS PP: RIC. MASS MARKET CON VRF

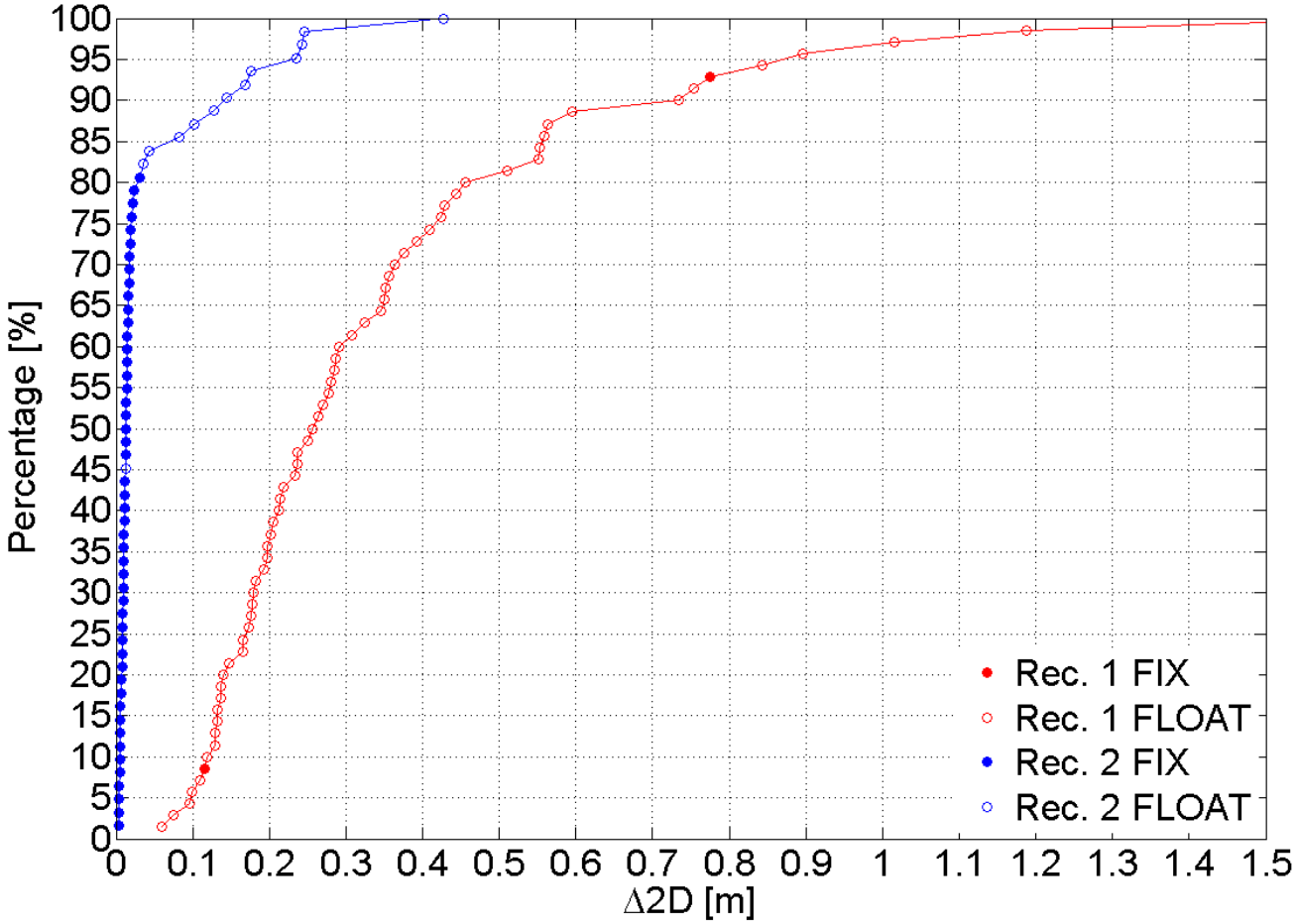
**Sessioni statiche**
**10 minuti**

Precisioni al 95%

Ricevitore 1: 0.9 m
Ricevitore 2: 0.2 m

% Fix

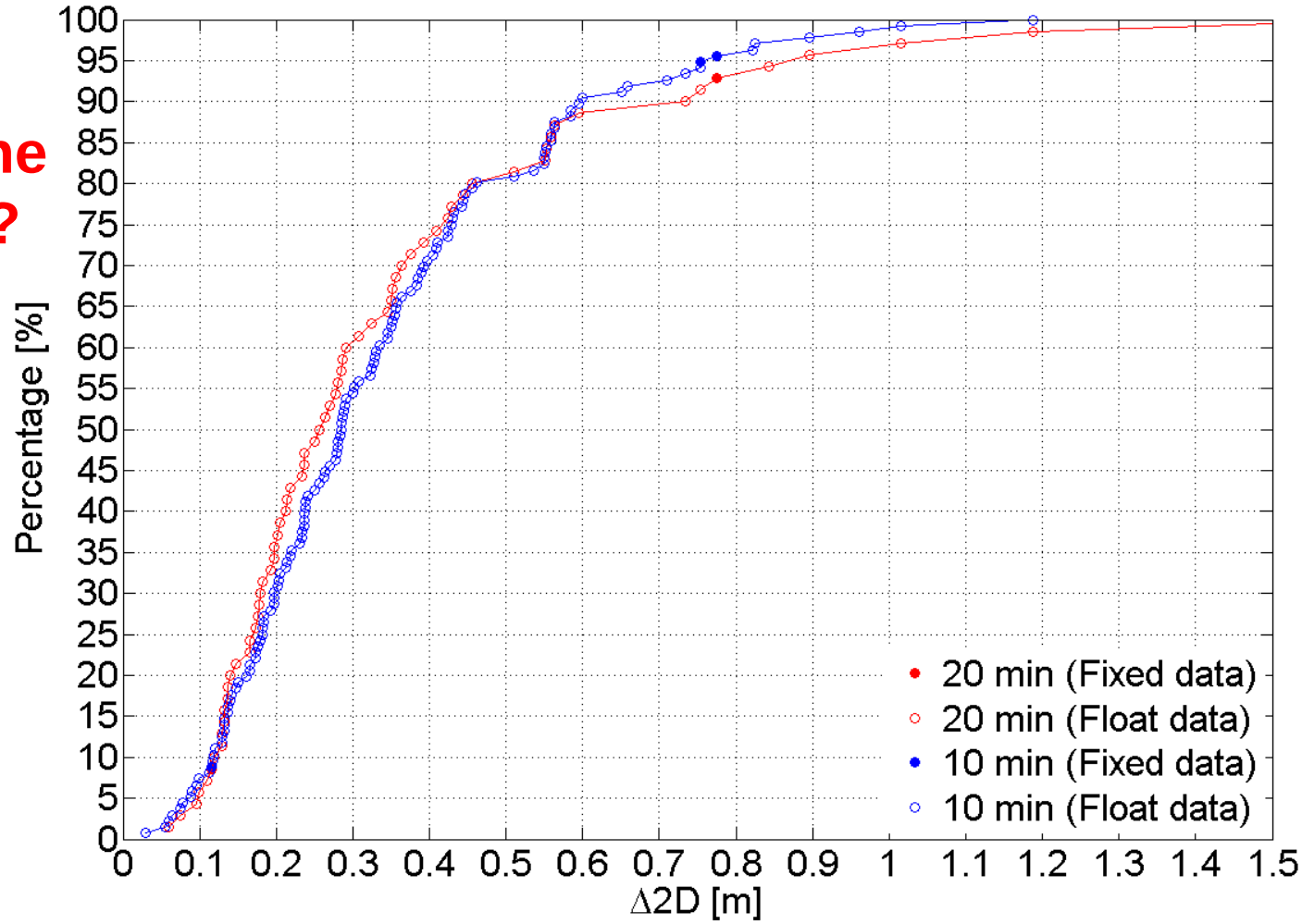
| | |
|---|---|
| Ric. 1: | 3 % |
| Ric. 2: | 80 % |




**Osservazioni:**

- I ricevitori mass market possono avere in PP performances molto diverse, in relazione alla qualità delle fasi.

**Sessioni statiche 10 o 20 minuti? (Ricevitore 2)**



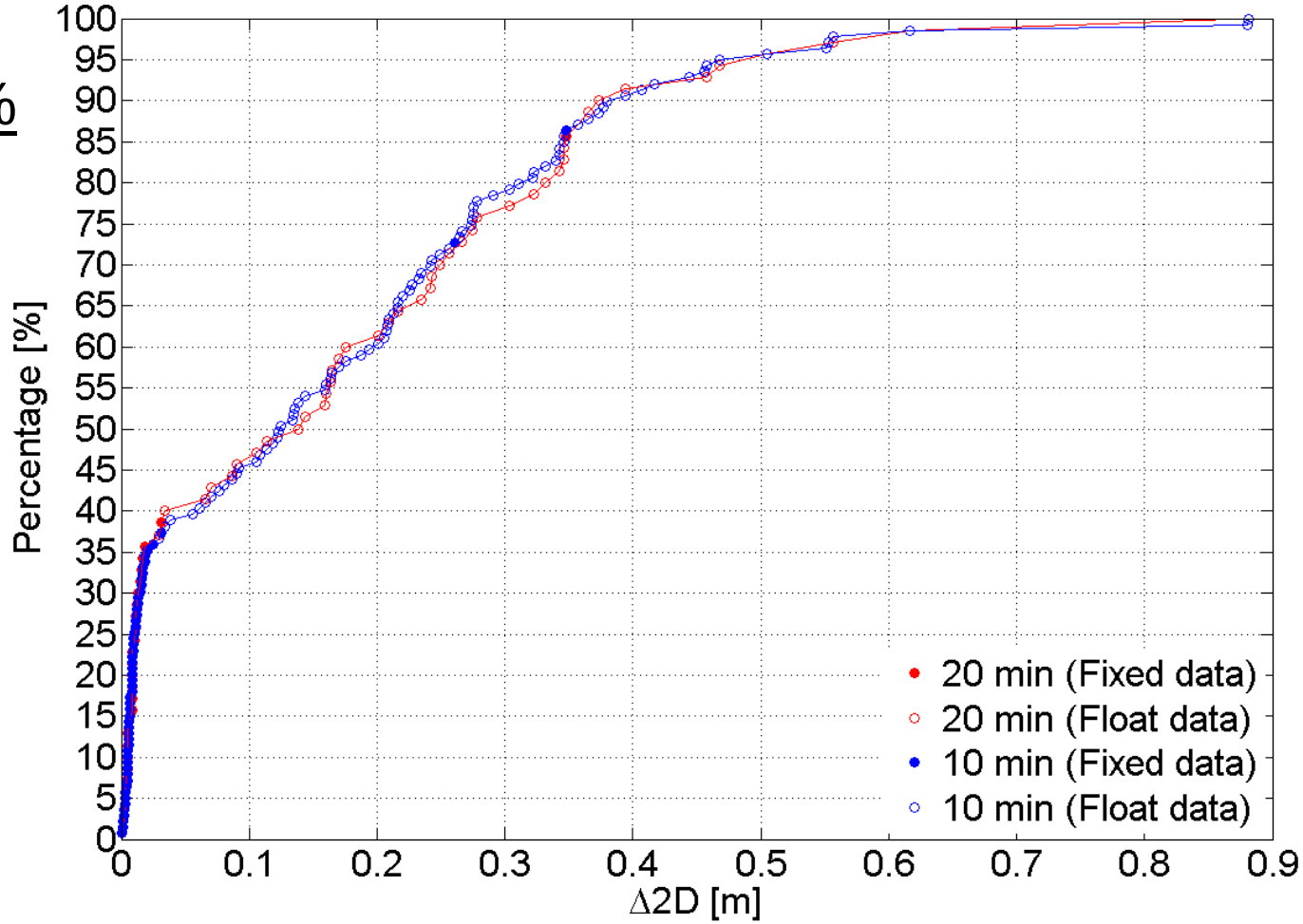

## Osservazioni:

- Non vi è un miglioramento reale con 20 minuti di dati: sono sufficienti sessioni di 10 minuti.

# *TEST PP con RICEVITORI GIS e VRF*

Precisioni al 95%

0.5 m




## Osservazioni

- La precisione dei ricevitori GIS in PP è omogenea

# *CONCLUSIONI*

## Ricevitori Mass Market

- **real time**: L'uso di correzioni di rete rispetto ad EGNOS non sono migliorative, entrambe le modalità permettono di rimuovere i bias presenti nel posizionamento stand alone.

- **post processing**: Si possono ottenere precisioni decimetriche: dipende dalla qualità delle misuse di fase. Sessioni di 20 minuti non migliorano grandemente la precisione raggiungibile.

# CONCLUSIONI

## Ricevitori GIS

- **real time**: La qualità del posizionamento migliora sensibilmente usando le correzioni di rete, in particolar modo quando si possono usare I dati di fase (RTCM 18-19 ad es.).
- **post processing**: Le performances con dati di rete VRS sono omogenee e permettono di ottenere precisioni decimetriche dopo 10 minuti di misura al 95%.

## Per entrambe le categorie di ricevitori

L'uso dei Virtual RINEX migliora la qualità dei risultati rispetto una stazione permanente reale (a 20 km e più);

Rende possibile il fissaggio delle ambiguità di fase L1 e significativi gli rms rispetto alla precisione.

# *RINGRAZIAMENTI*

Ringraziamo le Ditte che hanno gentilmente messo a disposizione i ricevitori.

MAGELLAN

TOPCON

GARMIN

ublox

Leica Geosystems

Trimble