

# SJÖMÄTNING FÖR NAUTISK KARTERING

Sjömätning för nautisk kartering kräver modern teknik och erfarenhet av moderna metoder för att kunna uppfylla internationell standard.

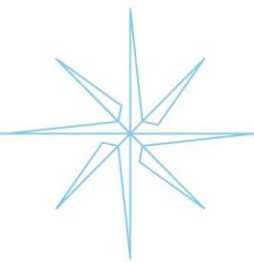
Sveriges internationella åtaganden vad gäller sjökartering på svenskt vatten är beskrivet i internationella konventioner och överenskommelser som Sverige anslutit sig till. Svenska nationella realiseringar av dessa står att finna i lagar och förordningar samt i Regeringens propositioner. Sverige genom Sjöfartsverket har skyldigheter att se till att sjömätningar utförs samt att relevanta sjökort och andra nautiska publikationer ges ut och hålls uppdaterade för att tillgodose den nautiska säkerheten i svenska farvatten. Sjöfartsverket är också ansvarig för att den nautiska informationen som publiceras är riktig och inte innehåller felaktigheter.

Den internationella standard som normalt används för nautisk kartering är **IHO S44**, edition 5, februari 2008, som är realiserad för Finska och Svenska vatten i **FSIS44**, 21 december 2010.

I Sverige är det Sjöfartsverket och i Finland är det Finish Transport Agency som gemensamt tagit fram FSIS44.

**IHO:** International Hydrographic Organisation

**FSIS44:** Finish and Swedish joint Implementation of **S44**



# Sjömätningstandard FSIS44

- Djupens;
- Horisontella noggrannhet
- Vertikala noggrannhet
- Objektdetektion
- Fyrar, kajer
- Boj/prick
- Strandlinje
- Full bottentäckning
- Farledsområde
- Djupområde
- Ramningskrav
- 95% konfidensintervall

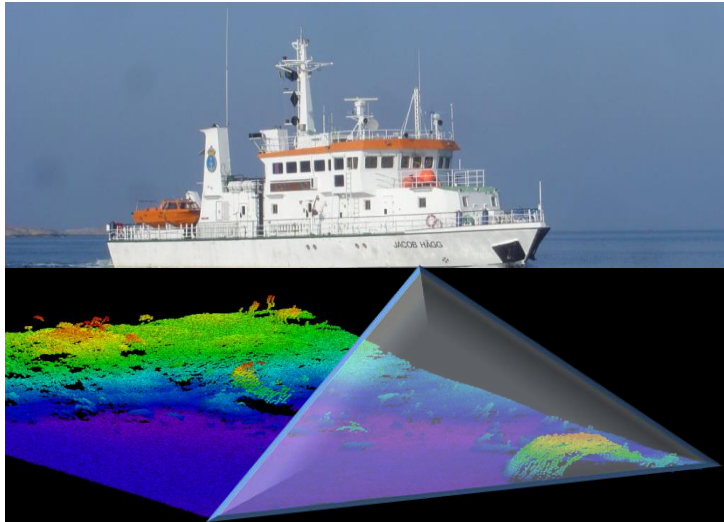
	Exclusive order	Special order	Order 1a	Order 2
Aids to navigation and significant topography <sup>3</sup>	0.5	1.0	2.0	5.0
Coastline and topography less significant to navigation horizontal uncertainty (m)	5	10	20	20
Depth horizontal uncertainty <sup>4</sup> (m)	2.0	2.0	5.0 + 5% of depth	20 + 10% of depth
vertical uncertainty $\pm \sqrt{a^2 + (b \cdot d)^2}$ (m)	a = 0.15 b = 0.004 d = depth	a = 0.25 b = 0.0075 d = depth	a = 0.50 b = 0.013 d = depth	a = 1.0 b = 0.023 d = depth
Cubic feature detection capability <sup>5</sup>	> 0.5 m >0.2m (bar sweeping)	> 0.7 m >0.3m (bar sweeping)	at least > 2 m or 10% of depths	> 10% of depths
"Full sea floor search"	required	required	required	required
Fairway areas <sup>6</sup> Other depth areas <sup>7</sup>	Exclusive decision Exclusive decision	0 - 20 m -	20 - 100 m 0 - 100 m	100 m - 100 m -

Example; maximum uncertainty of depth, 95% level of confidence distribution

Depth of reference	Horizontal uncertainty (m) $\pi$ depth uncertainty (m)			
6 m	2.0 $\pi$ 0.15	2.0 $\pi$ 0.25	5.3 $\pi$ 0.51	20 $\pi$ 1.01
10 m	2.0 $\pi$ 0.16	2.0 $\pi$ 0.26	5.5 $\pi$ 0.52	21 $\pi$ 1.03
20 m	2.0 $\pi$ 0.17	2.0 $\pi$ 0.29	6.0 $\pi$ 0.56	22 $\pi$ 1.10
50 m	2.0 $\pi$ 0.25	2.0 $\pi$ 0.45	7.5 $\pi$ 0.82	25 $\pi$ 1.52
100 m	-	-	10 $\pi$ 1.39	30 $\pi$ 2.51
400 m	-	-	-	60 $\pi$ 9.25



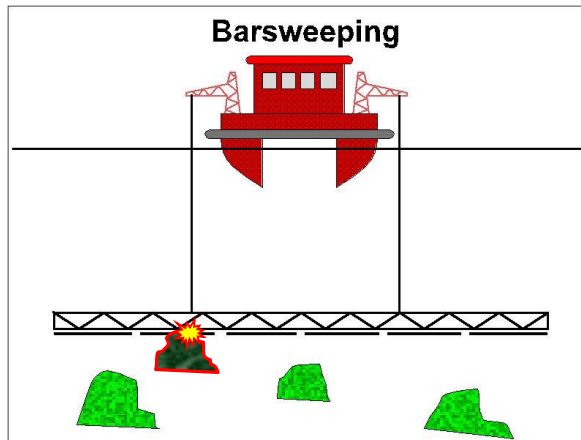
# Sjömättningsmetoder



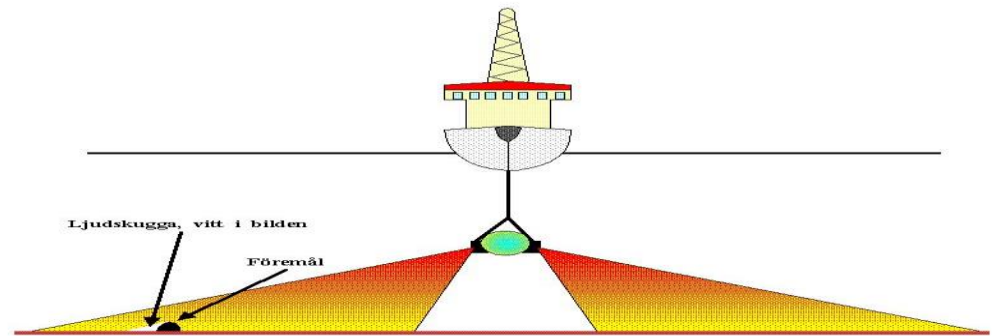
Multibeamekolodning



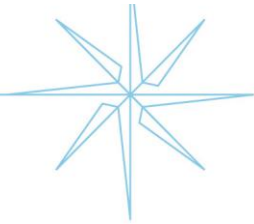
Laserbatymetri



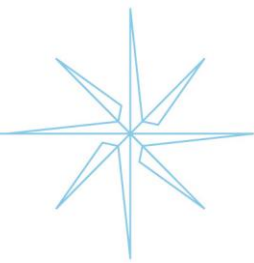
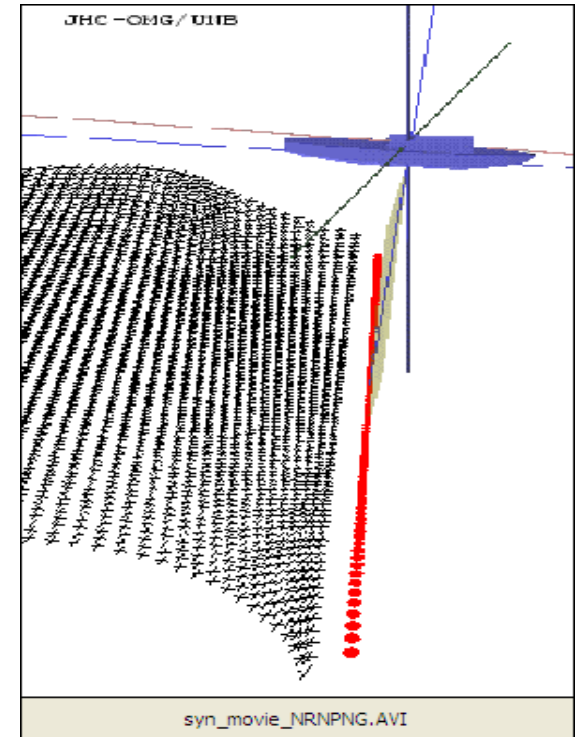
Ramning



Side Scan Sonar



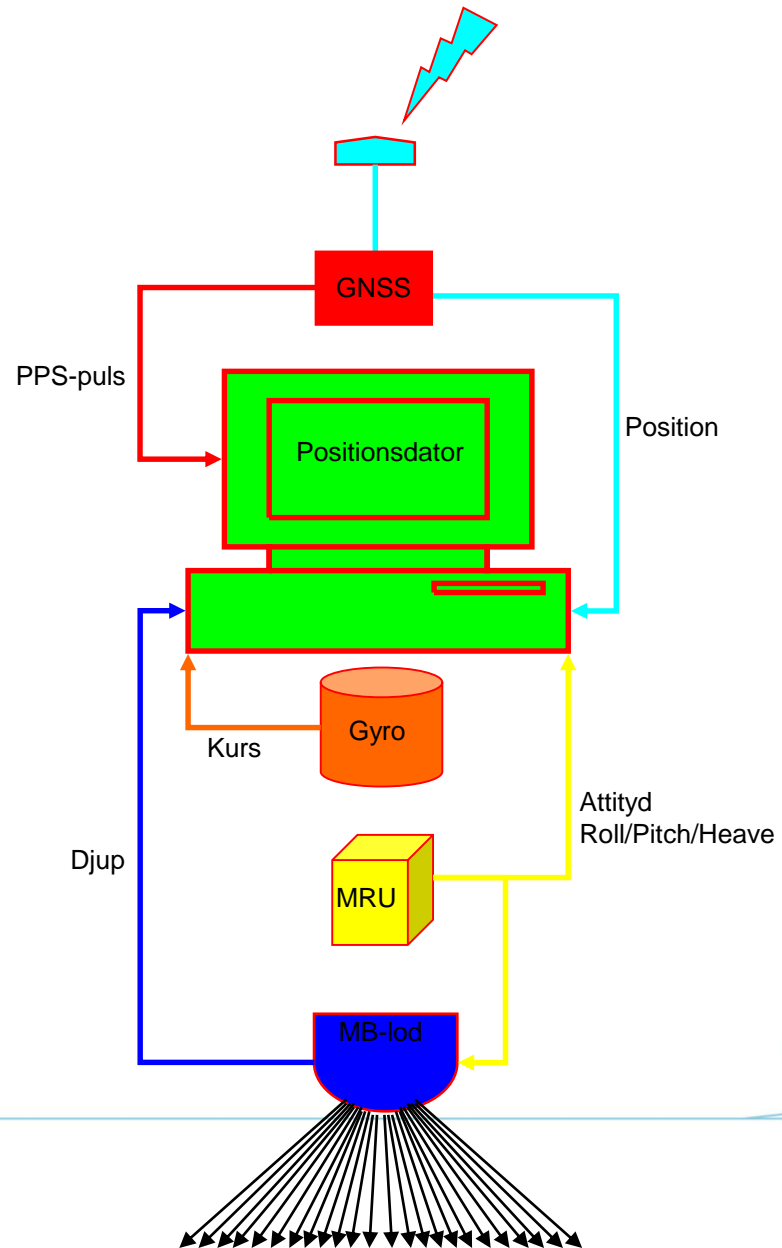
# Multibeamekolodning



# Sensorer i ett Multibeamssystem

## Samverkande sensorer

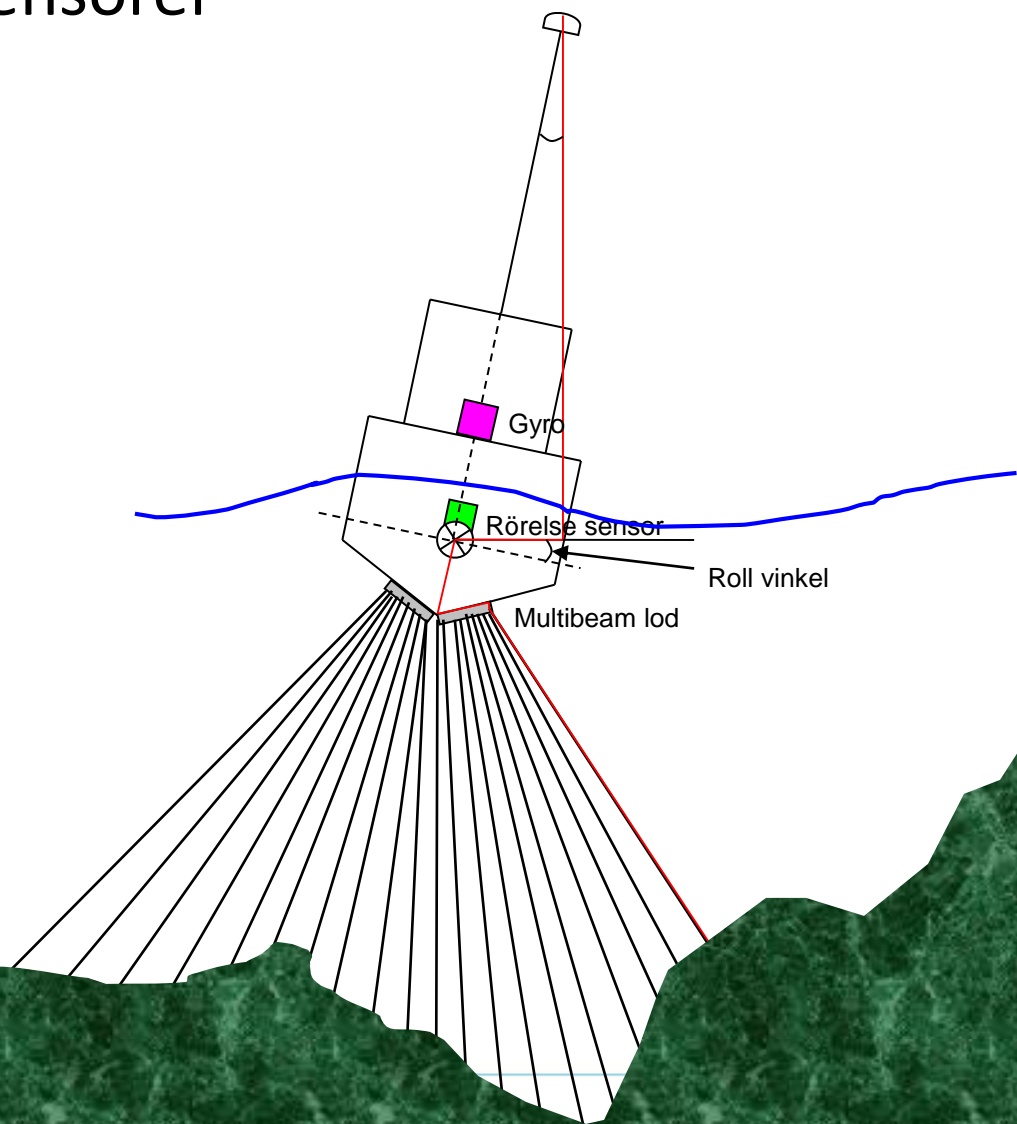
- Viktigt med tidsensning av sensorer
- Noggrannare sensorer kräver bättre tidsensning
- Timing med PPS-puls från GNSS
- Timing bättre än 10 ms



# Sensorer

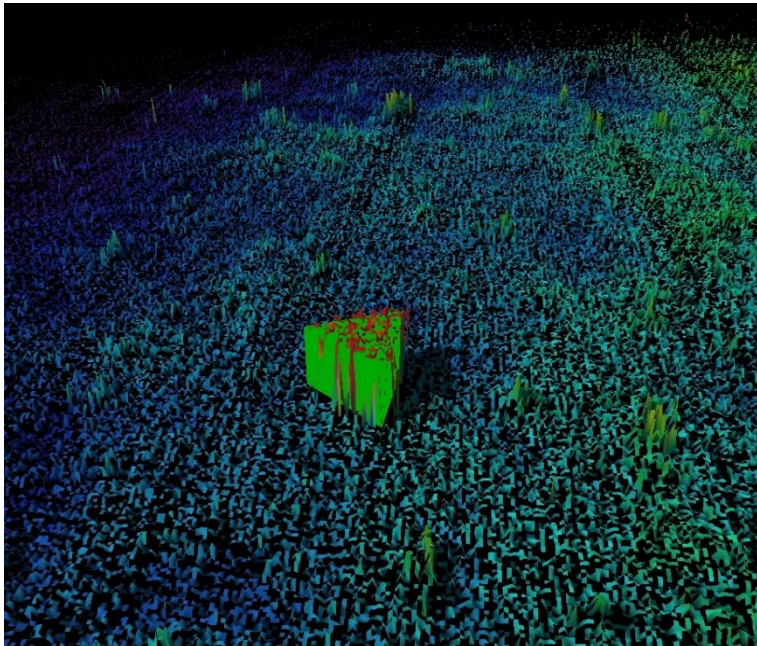
Transformation av positionen från GNSS antenn ner till botten för varje stråle med hjälp av Roll/Pitch vinklar och Heading.

**Sjömätningssystemet och alla sensorer kräver noggranna kalibreringar**

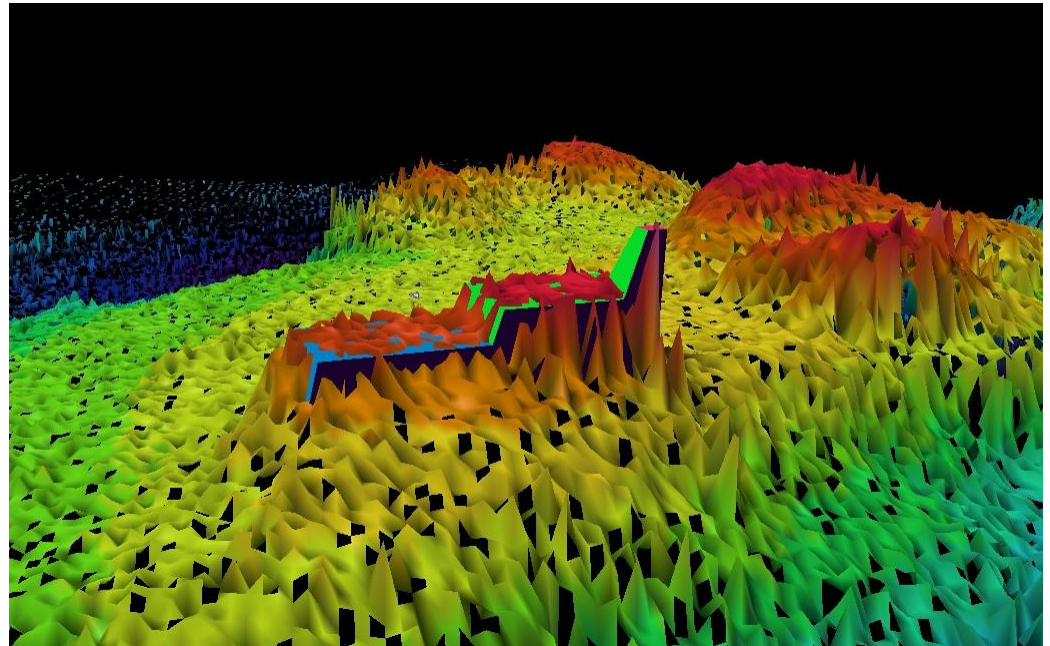


# Djup och positionskontroll av Multibeam system

- Geodetiskt inmätta objekt
- Verifiering av rätt djup och position på cm-nivå
- Test av objekt-detektion
- Systematisk jämförelse mellan multibeamlod system

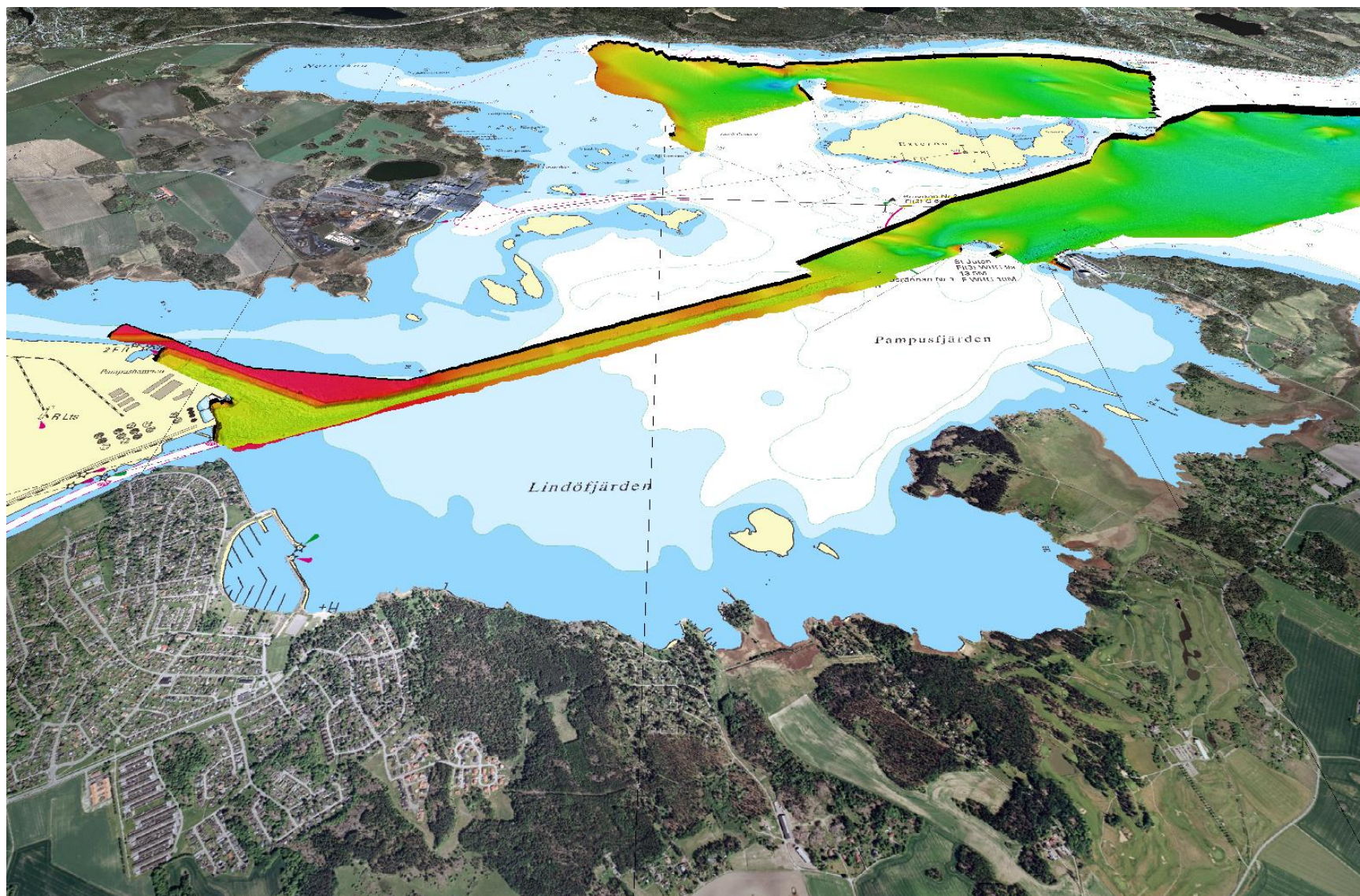


Triangel av betong, 3 m sidor, ~8.5 m djup



Objekt av betong, 2 nivåer 2.5x4 m, topp nivån 0.3x0.3 m, ~19 m djup

# Nautisk kartering med modernt multibeamekolod

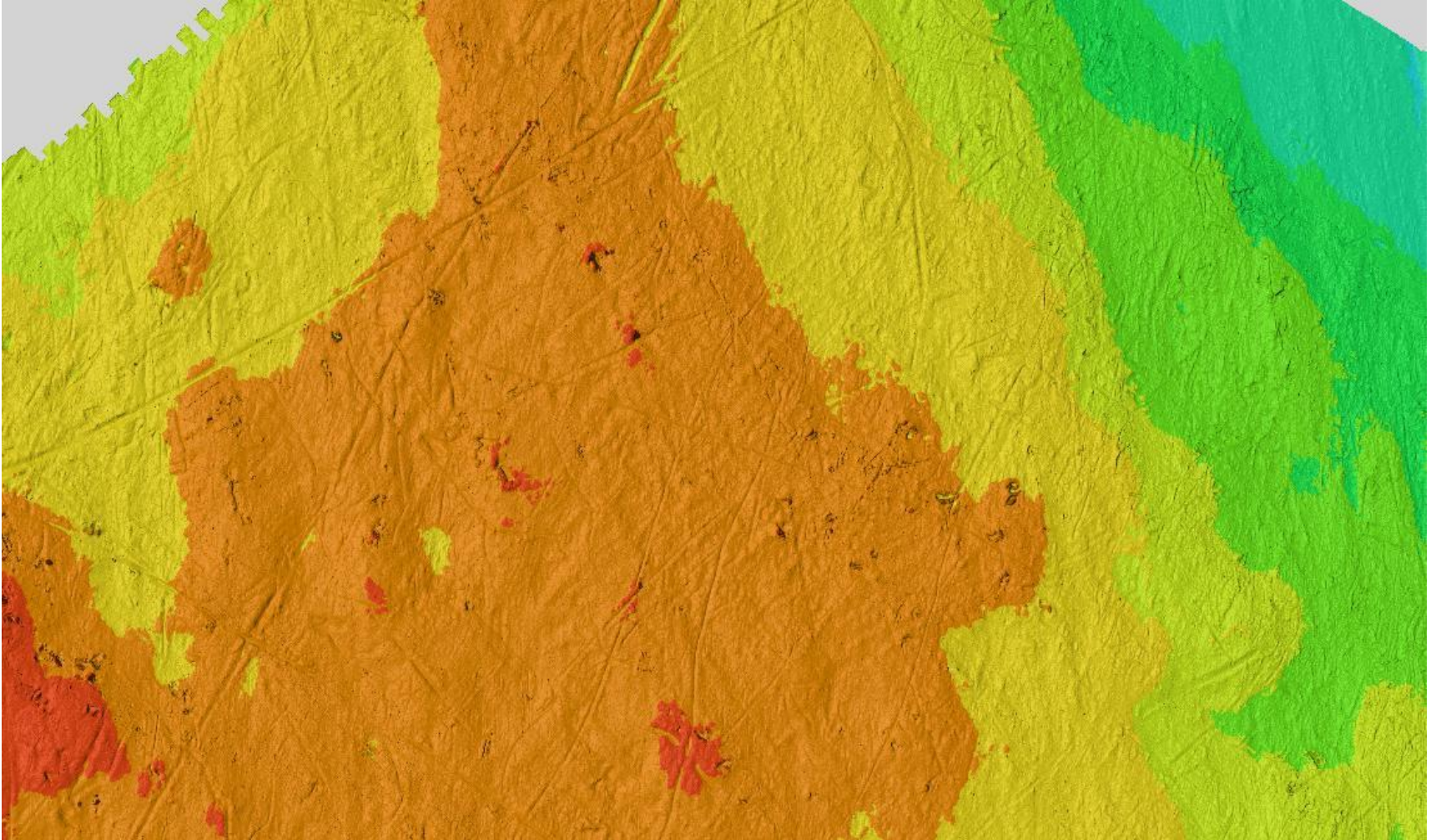


Farleden in till Norrköping

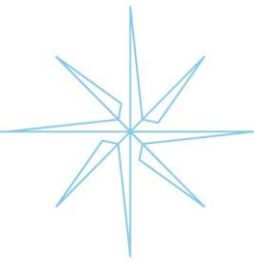




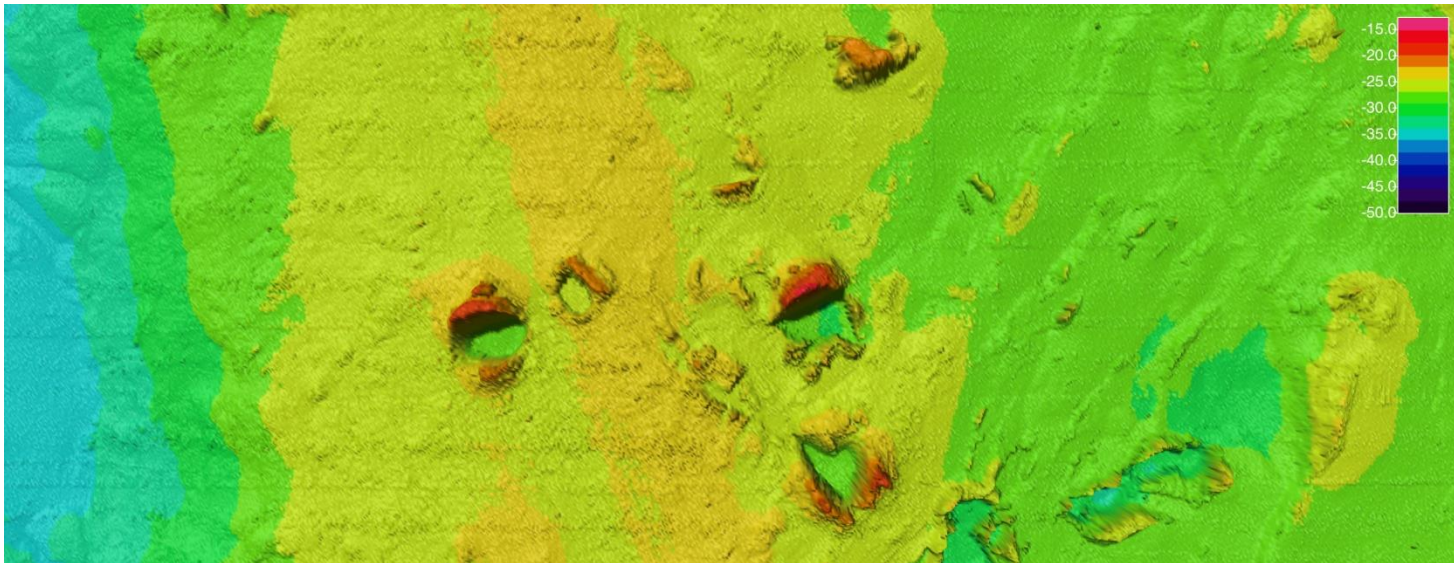
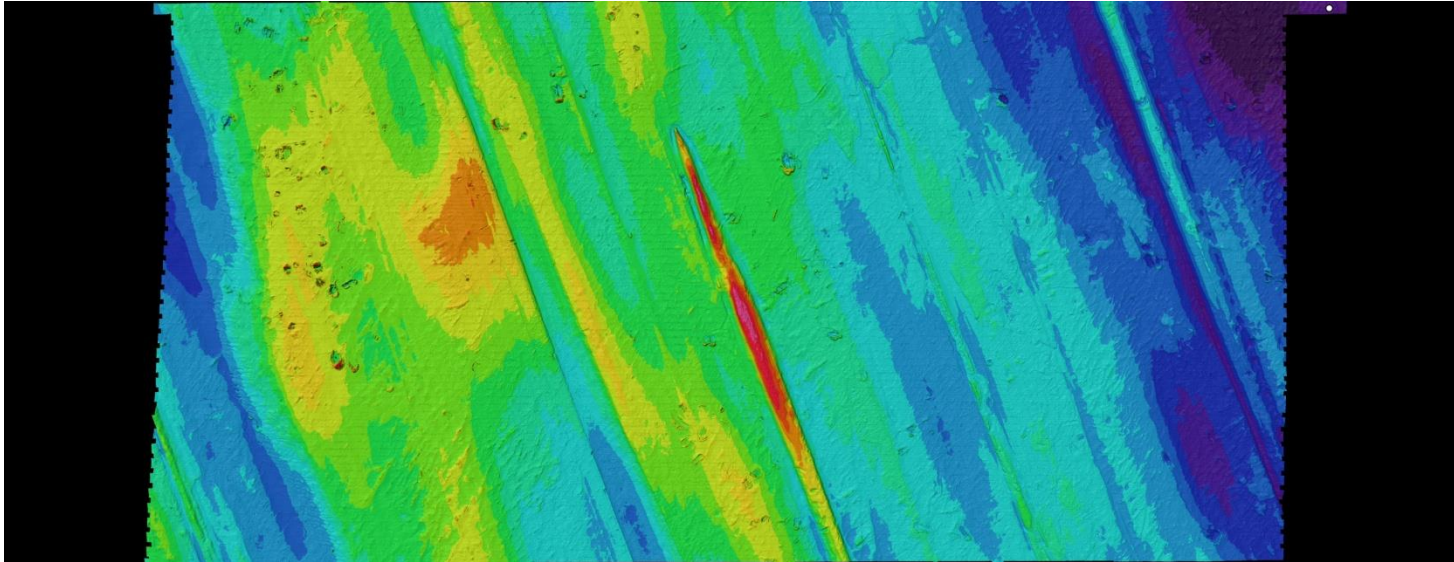
# Högupplöst Multibeamdata



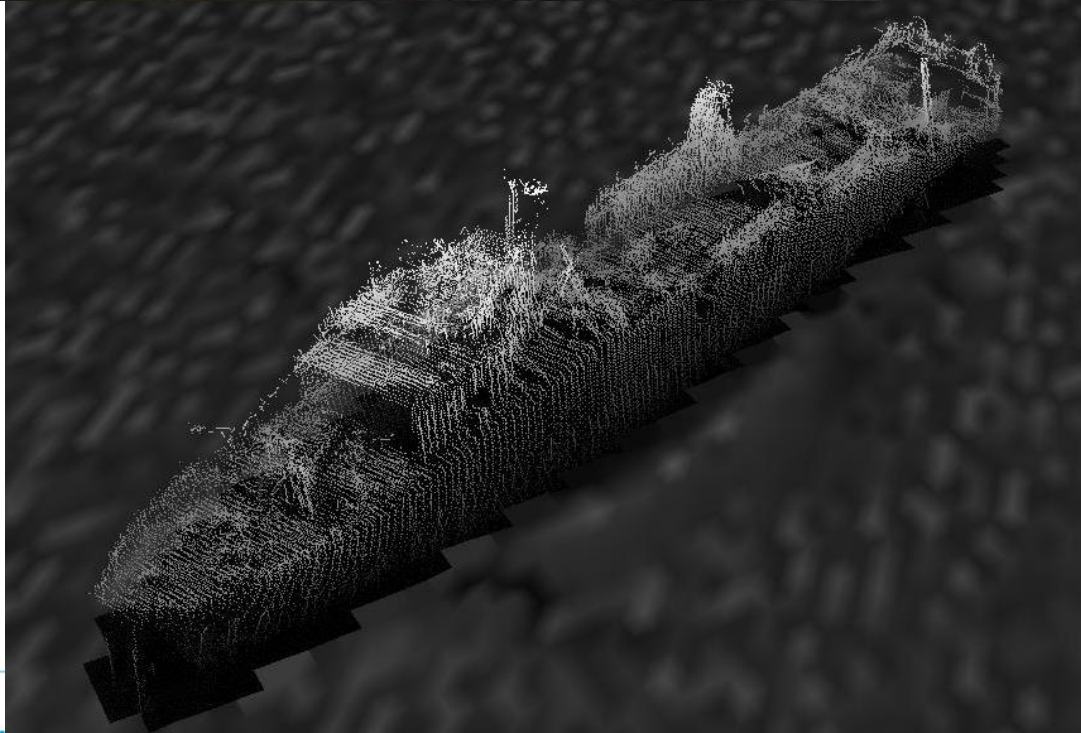
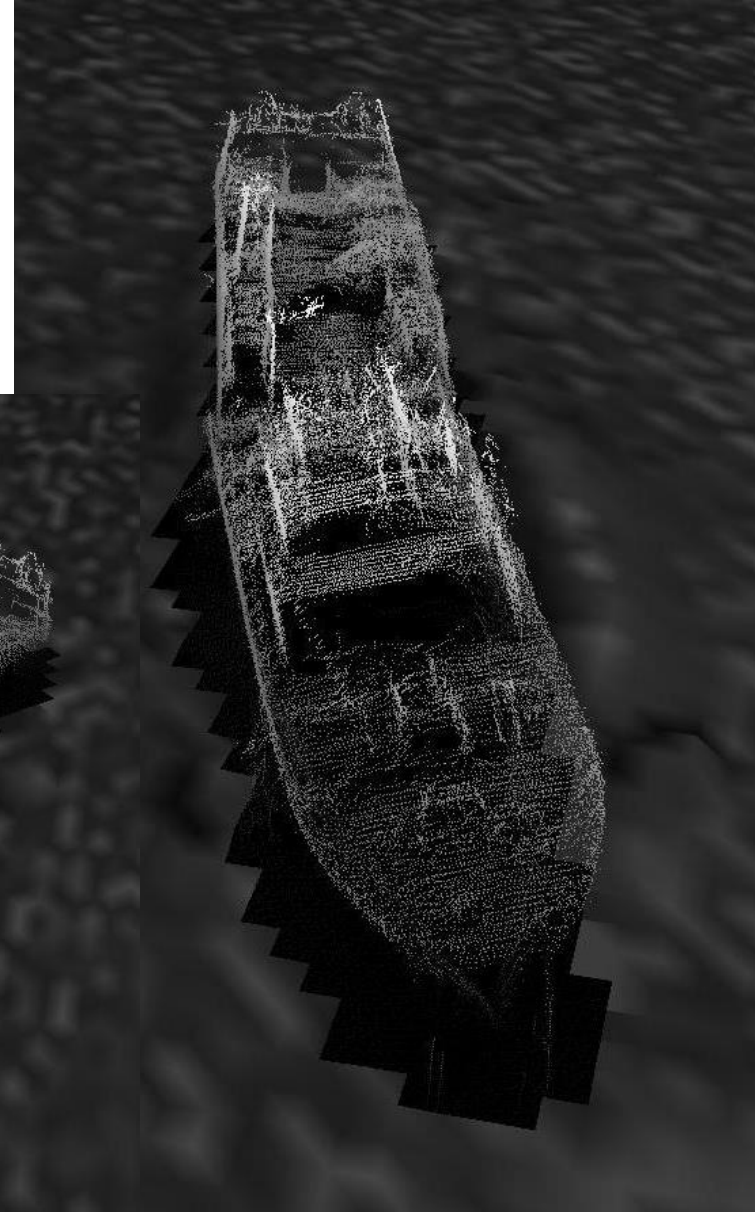
Spår från inlandsisen i Bottenhavet



# Högupplöst Multibeamdata

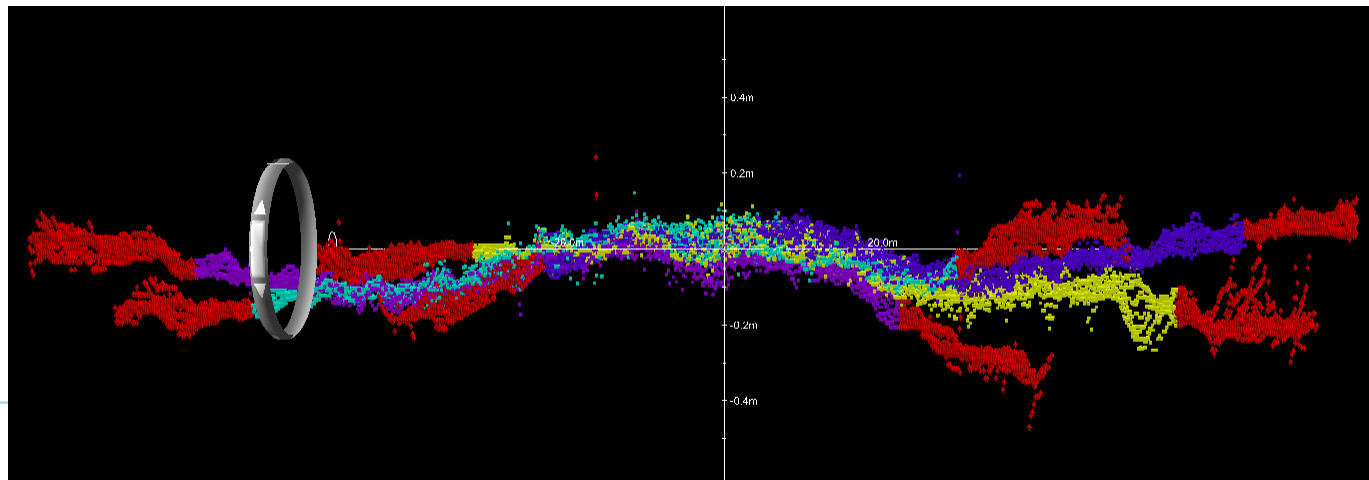
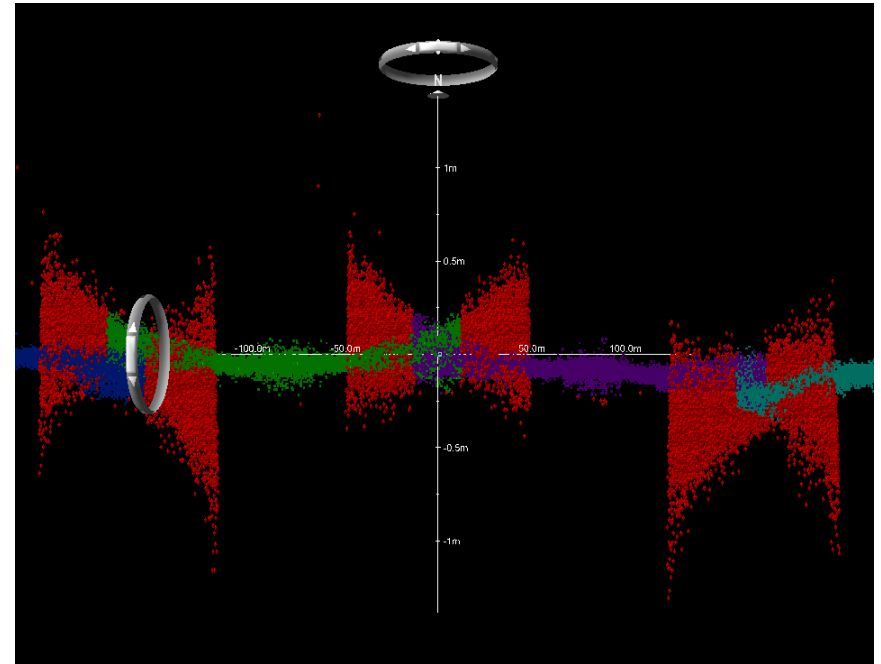
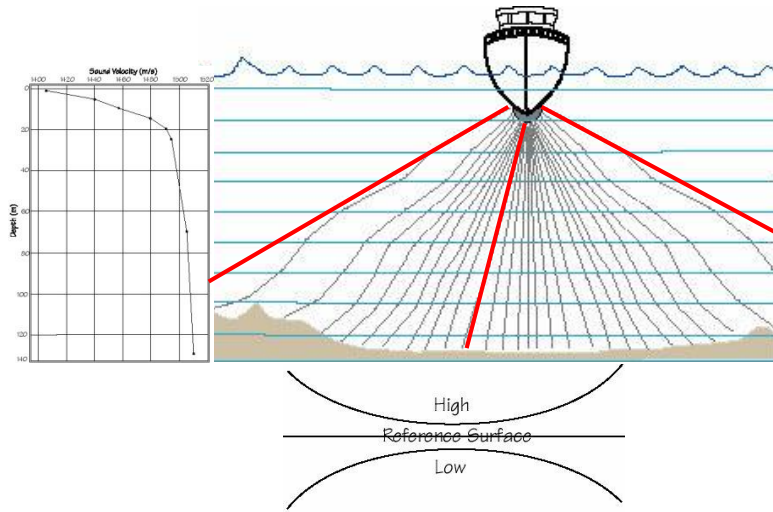


# Wapper, 25 m djupt, vid Falsterborev

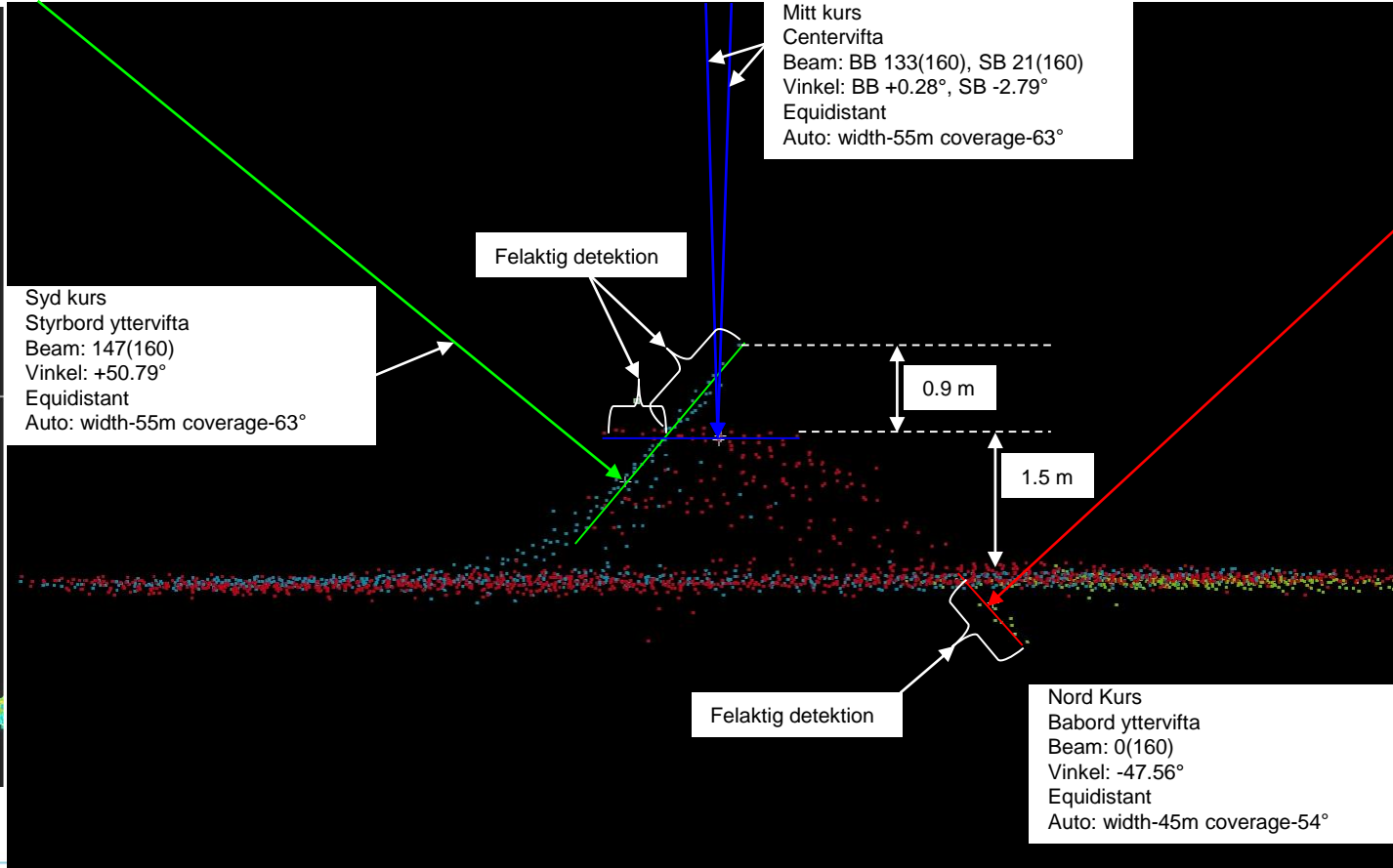
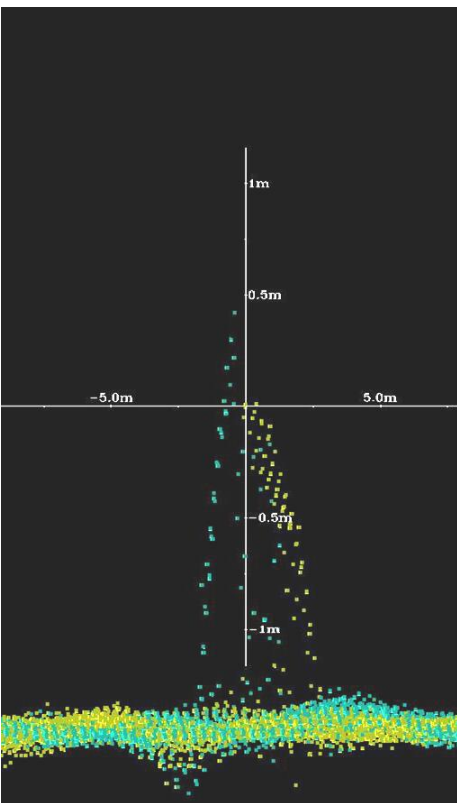
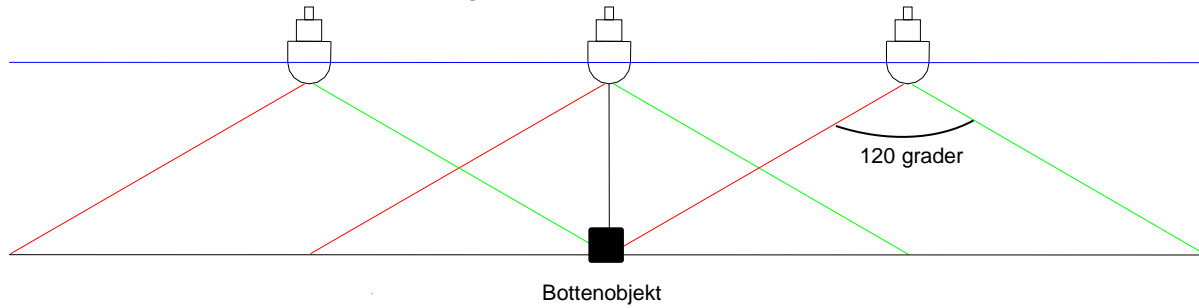


# Begränsningar, problem

## Ljudhastighetsproblem, bottendetektionsproblem



# Objektdetektion



# 200% bottentäckning i Farledsområde grundare än 20 meters djup

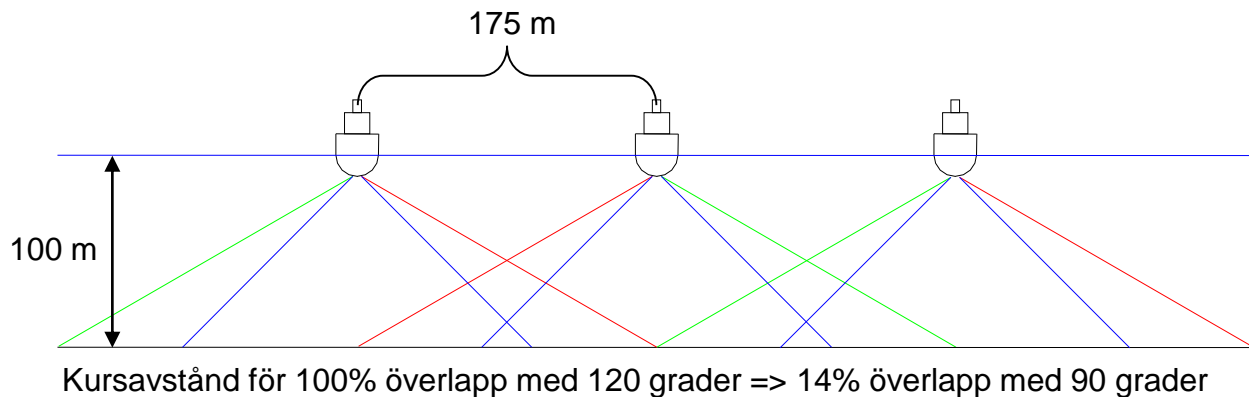
För tillräcklig objektdektion och bottendetektion krävs normalt att mätning sker med maximalt 120 graders vifta och 200% täckning i Special Order (Farled grundare än 20 meter)

LINZ, Nya Zeland: 200% täckning (100% överlapp) i Special Order

Norska Sjökarteverket anpassar kursavstånd för 90 graders vifta i farled p.g.a. objektdektion

Danska Sjökarteverket har gjort tester med objektdektion med acceptabla resultat inom ca 100 graders vifta

Sjöfartsverket: 200% täckning (100% överlapp) i Special Order och/eller 90 graders vifta

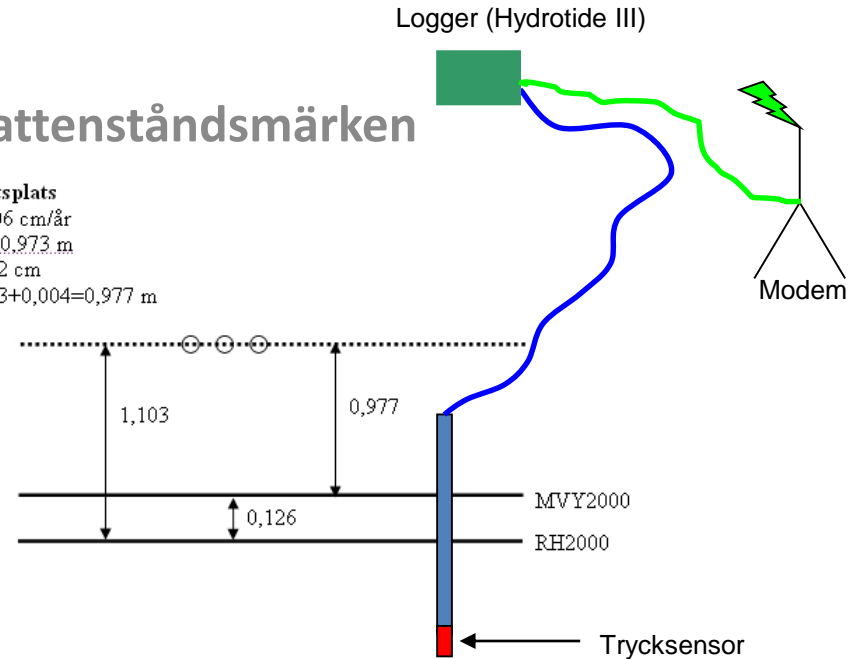


# Korrigerigering av djup med vattenstånd eller GNSS höjd

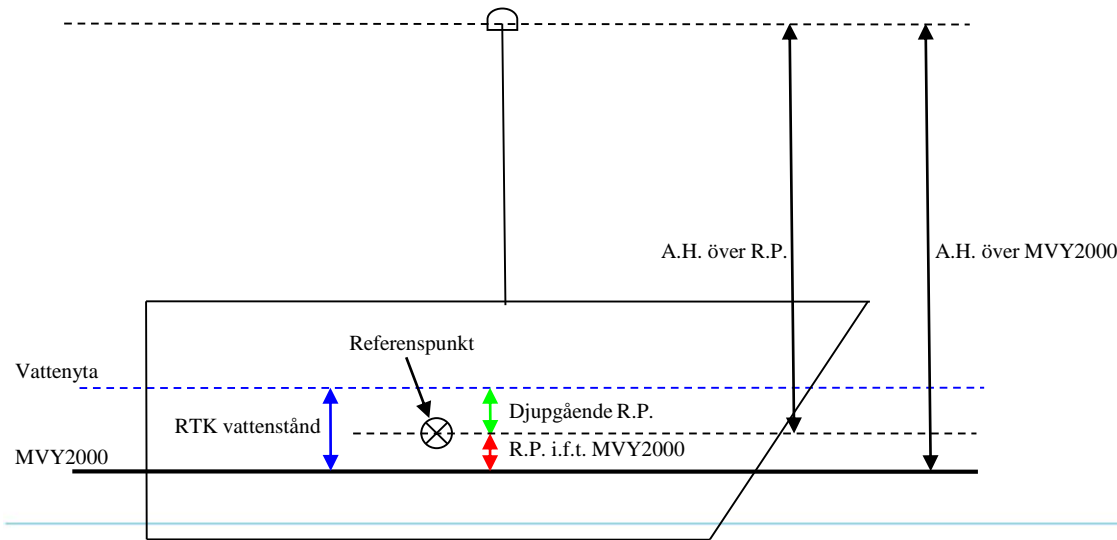
**GNSS höjden på fartyget måste jämföras mot referensnivån och eventuellt korrigeras med höjdoffset för att ta hand om alla vertikala felkällor innan mätning påbörjas. Höjdkontroller upprepas med jämna mellanrum under mätningen**

## Sjöv vattenståndsmärken

223 Kalmar Lotsplats  
Landhöjning: 0,06 cm/år  
Nivellerat 1993: 0,973 m  
7 år:  $0,06 \times 7 = 0,42$  cm  
MVY2000:  $0,973 + 0,004 = 0,977$  m



## Beräkning av RTK vattenstånd (GNSS Tide)



# Sjömätningen måste refereras till en REFERENSNIVÅ

Höjden på utgångsfixen eller vattenståndsdata som används vid en sjömätning måste fysiskt knytas till referensnivån (sjökortets referensnivå), överbestämning från flera källor

-Avvägning, geodetisk inmätning

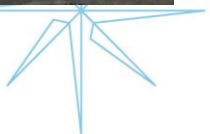
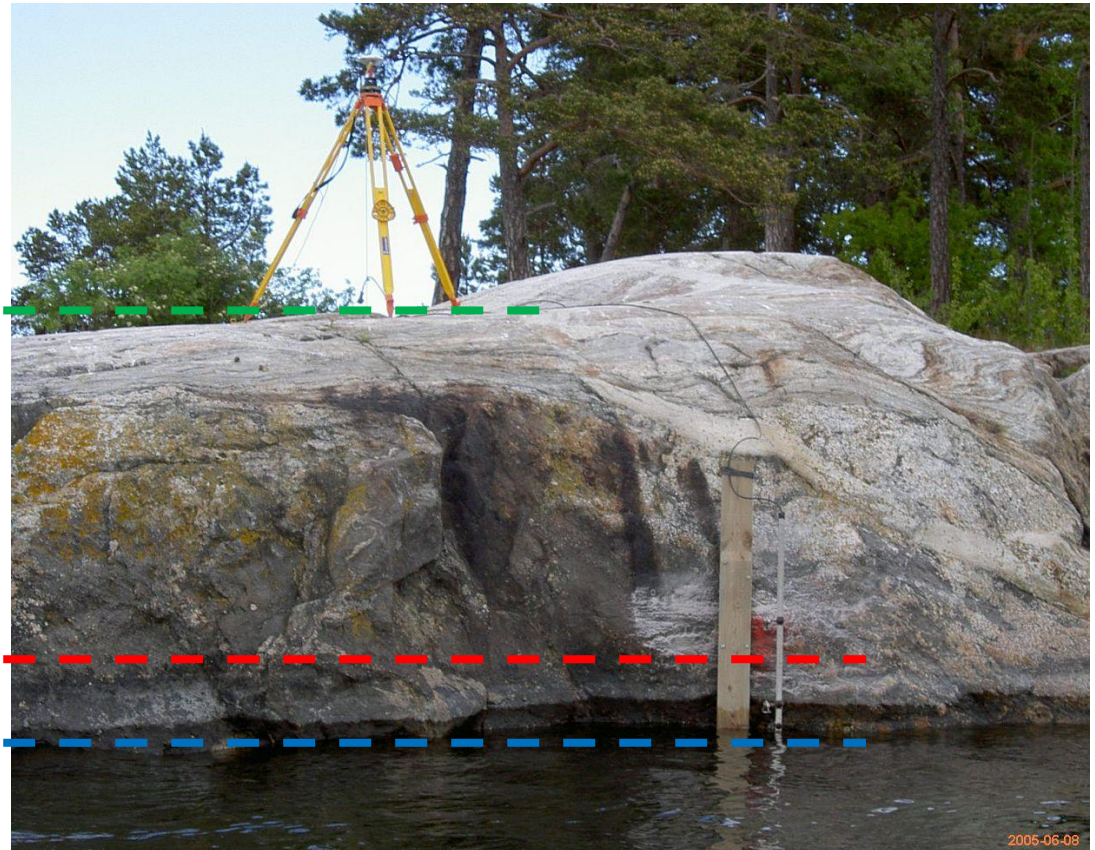
-Jämförelse mot SMHI vattenstånd eller Sjöfartsverkets vattenståndsmärken

-Endast GNSS inmätning av fixpunkt är inte tillräckligt eftersom det inte finns en tillräckligt noggrann relation till referensnivån (geoidmodell, mätnoggrannhet)

Höjd på fixpunkt

RH2000 (rikets höjdsystem)

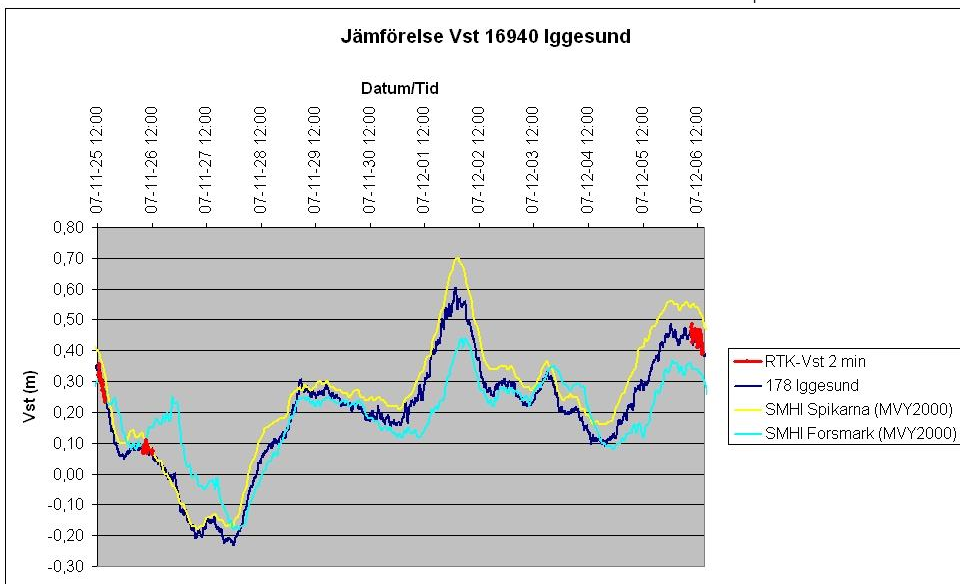
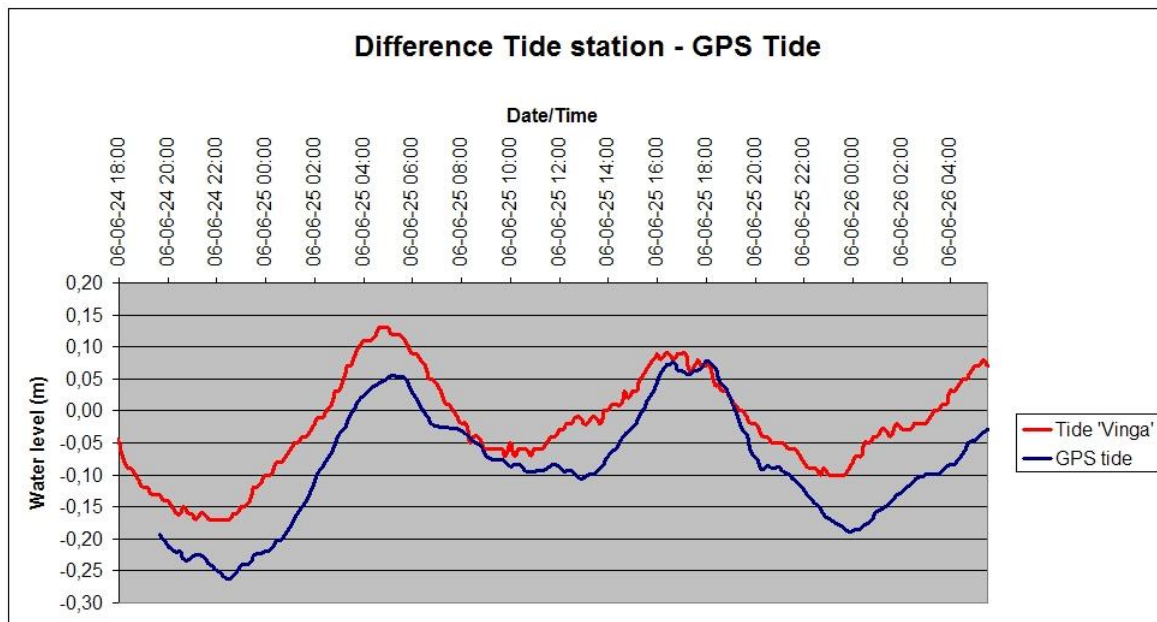
Medelvattenyta





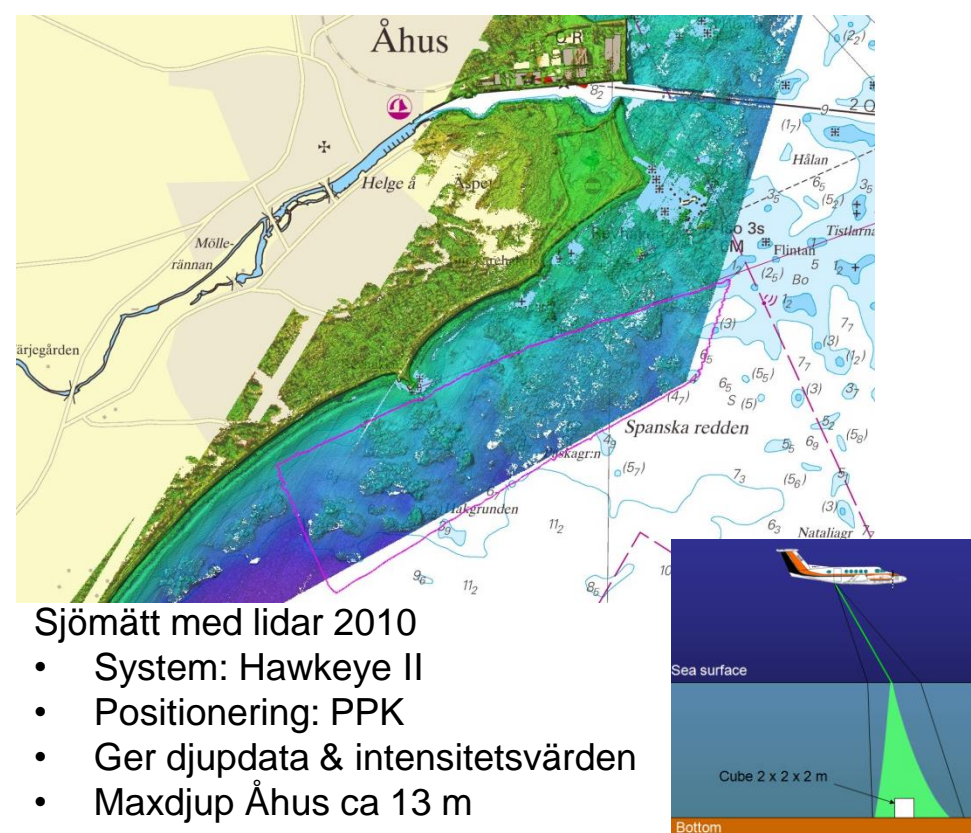
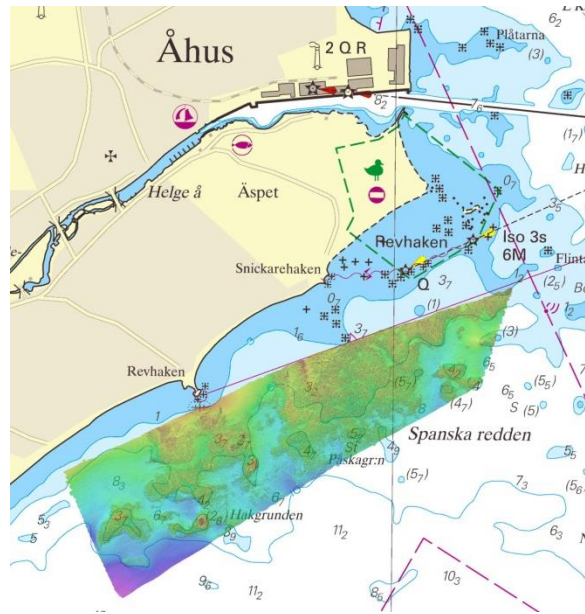
# Jämförelse av vattenstånd under sjömätningen

**Jämförelse av vattenstånd eller GNSS-höjd måste göras under sjömätningen för att verifiera och kvalitetssäkra att djupresultatet relateras till referensnivån**



**God överensstämmelse mellan vattenstånd och RTK-vattenstånd**

# Uppmätta ytor - översiktsbilder

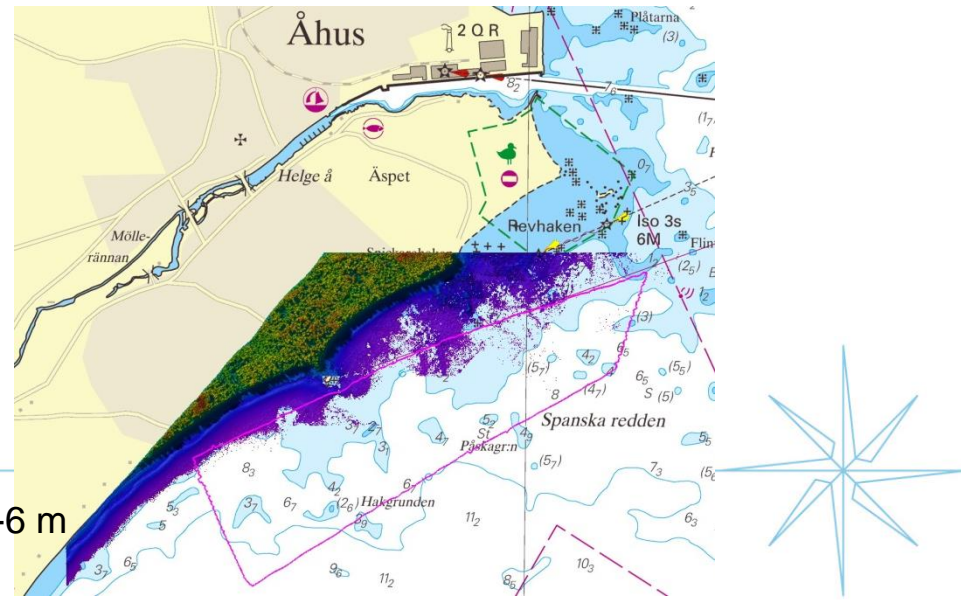


## Sjömätt med lidar 2010

- System: Hawkeye II
- Positionering: PPK
- Ger djupdata & intensitetsvärden
- Maxdjup Åhus ca 13 m

## Sjömätt med multibeam-ekolod 2013

- Fartyg: Petter Gedda
- System: Reson 7125 SV2 400 kHz
- Positionering: RTK
- Ger djupdata & backscatter

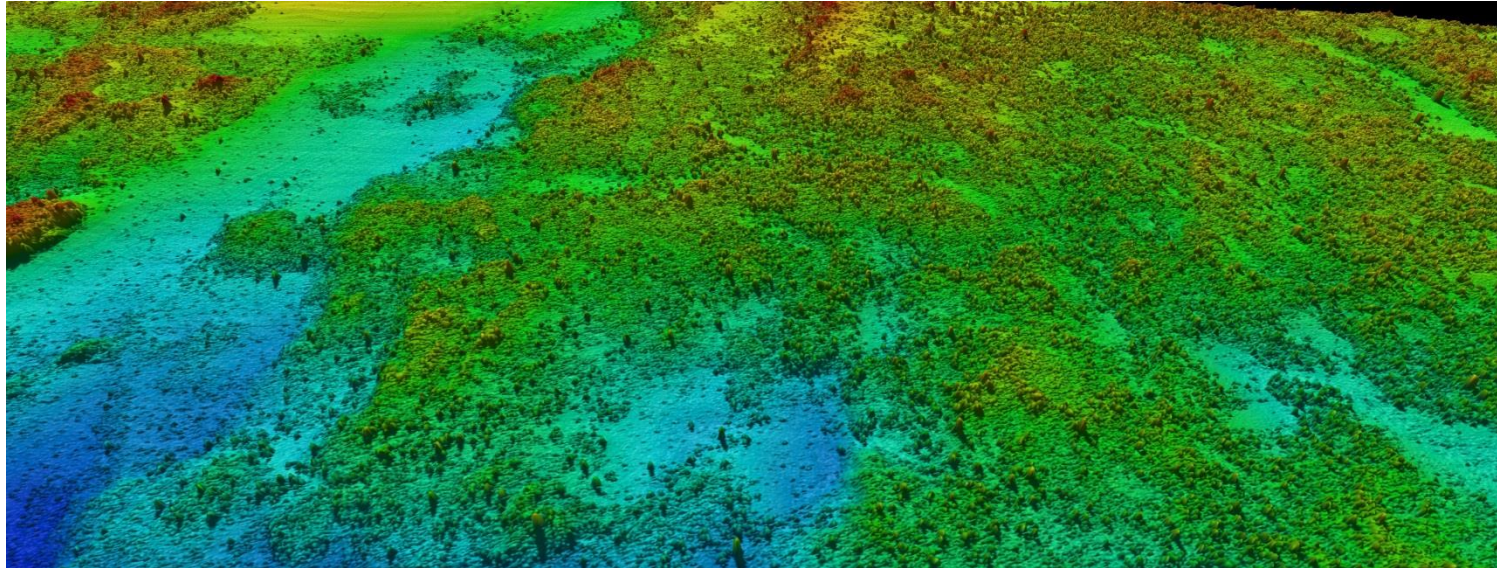


## Sjömätt med lidar 2012

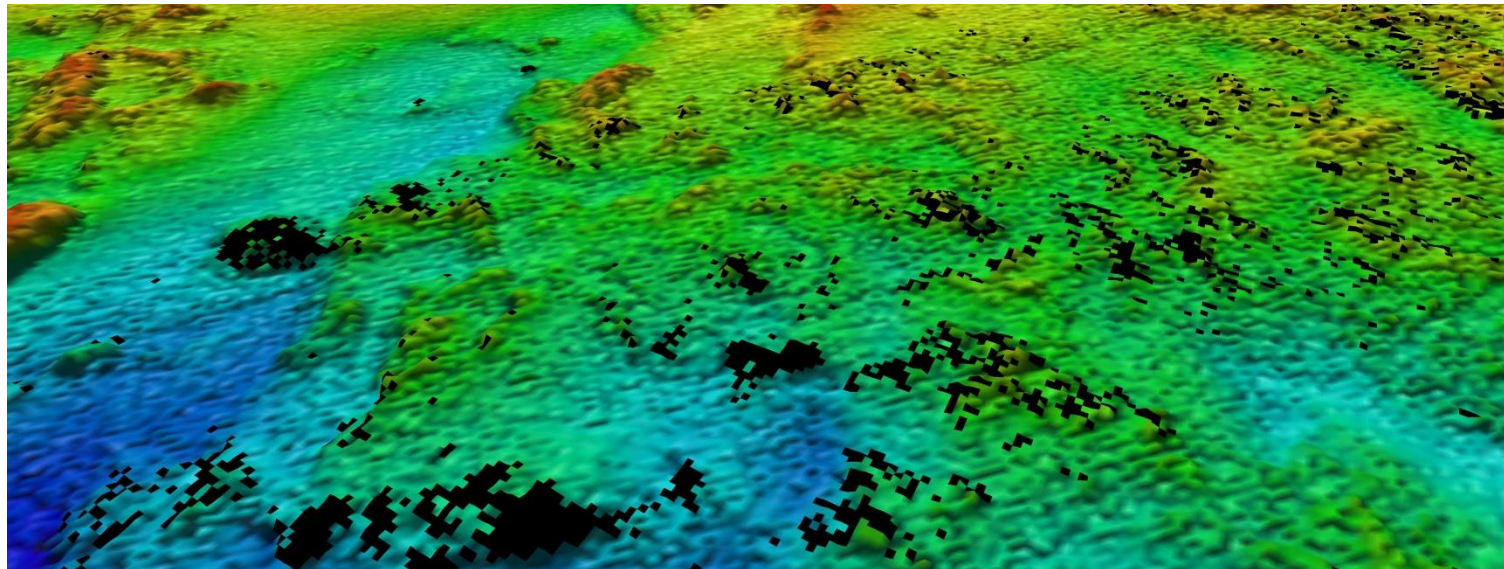
- System: Chiroptera
- Positionering: PPK
- Ger djupdata & intensitetsvärden
- Maxdjup Åhus ca 4-6 m



## Jämförelse av ytor, ca 1000x750 m, djup 2,5-11 m



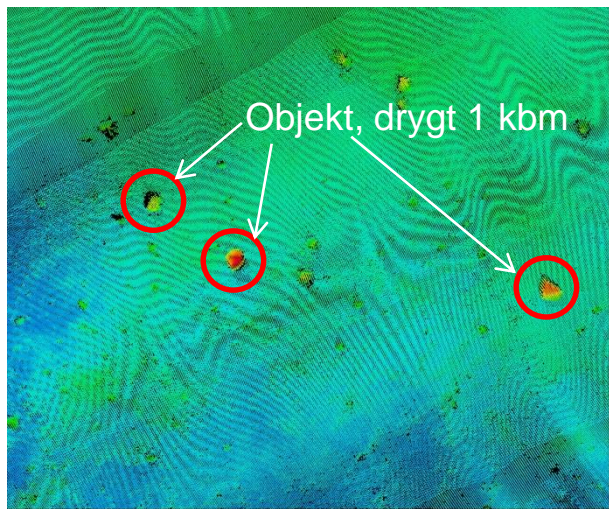
**Multibeam**, 1x1 m grid. Ofantligt många stenar i området.



**Laserbatymetri**, Hawkeye II, 5x5 m grid. Generellt likvärdig bild av botten som multibeam, dock inga objekt/stenar. Hål i data där lidar ej lyckades fånga botten. Punkt-tätheten i data kräver helst ca 5x5 m grid

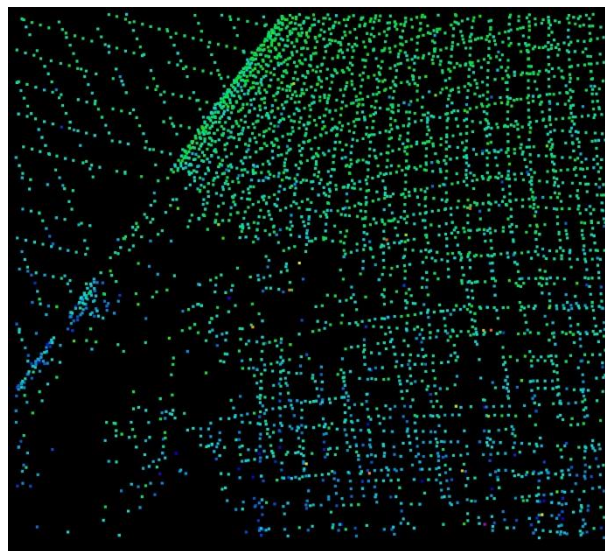


# Jämförelse av punkt-täthet, yta 40x40 m, vid medeldjup 4-5 m



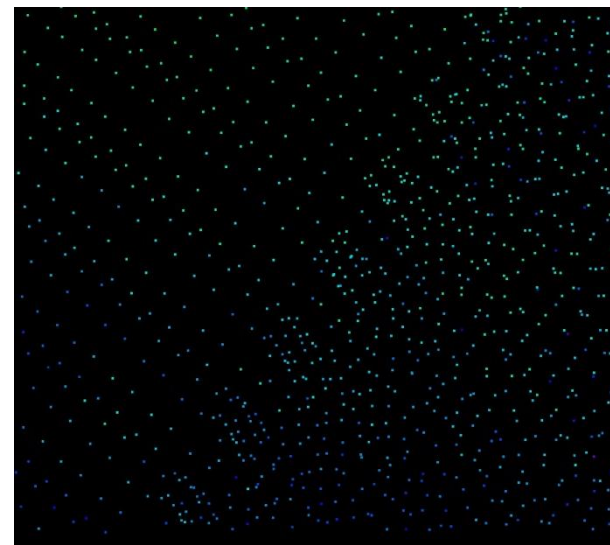
Multibeam, vy uppifrån

- Normalt 100% överlapp vid djup <20 m



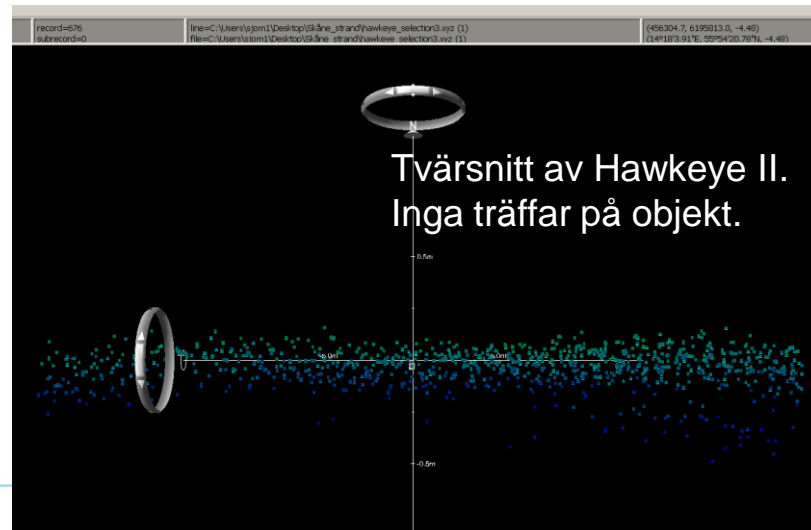
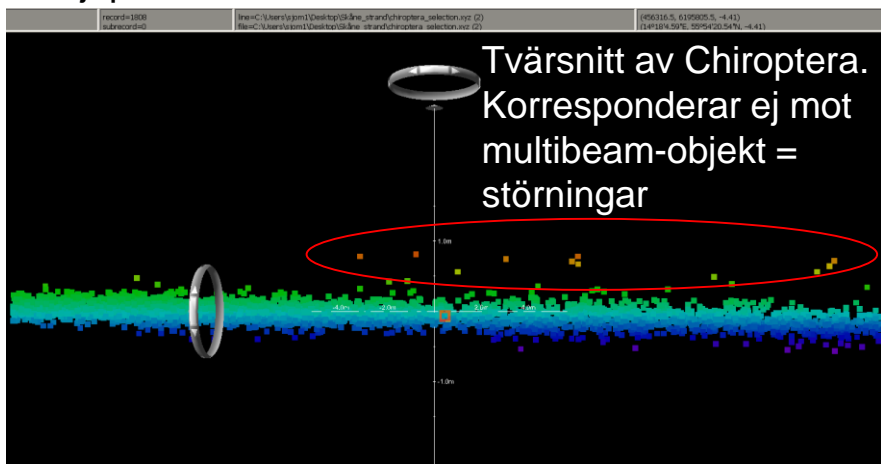
Chiroptera, vy uppifrån

- Normalt 20% överlapp

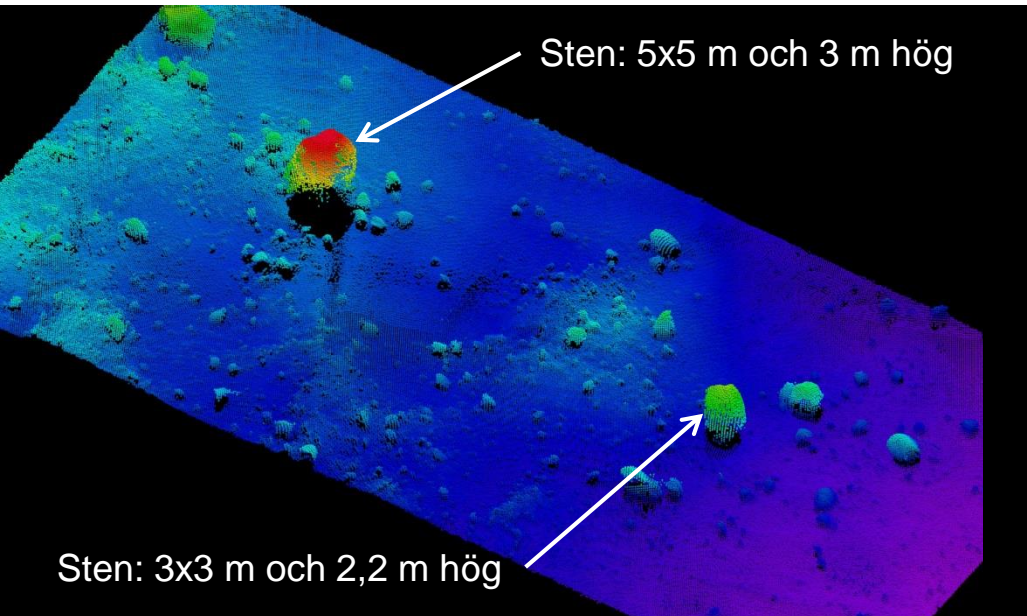


Hawkeye II, vy uppifrån

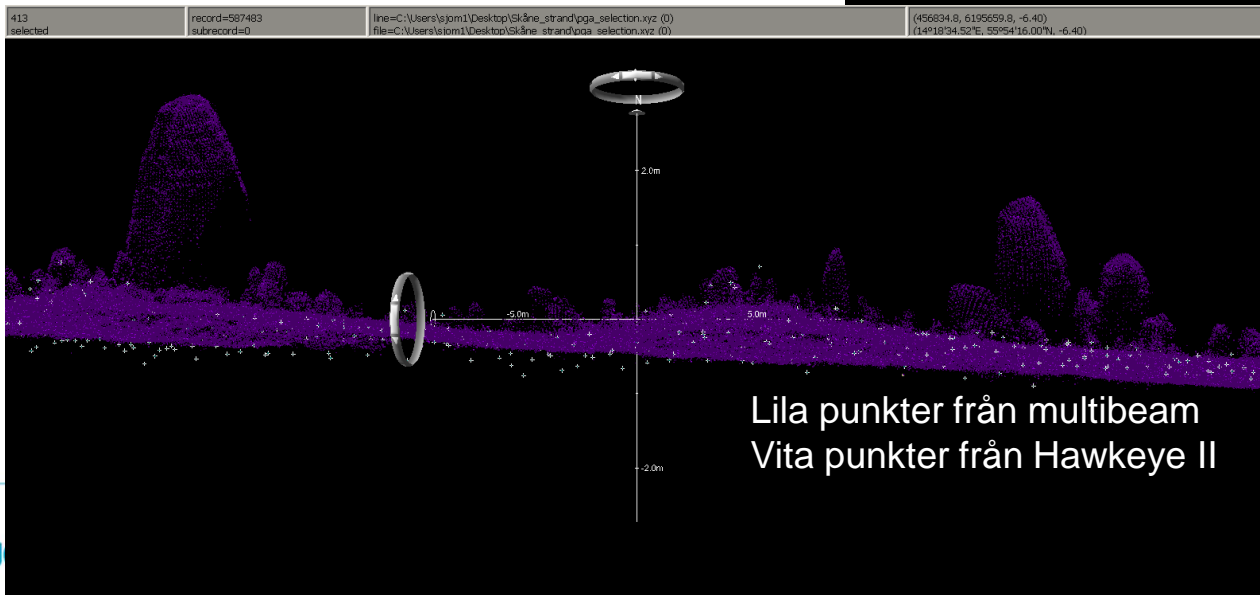
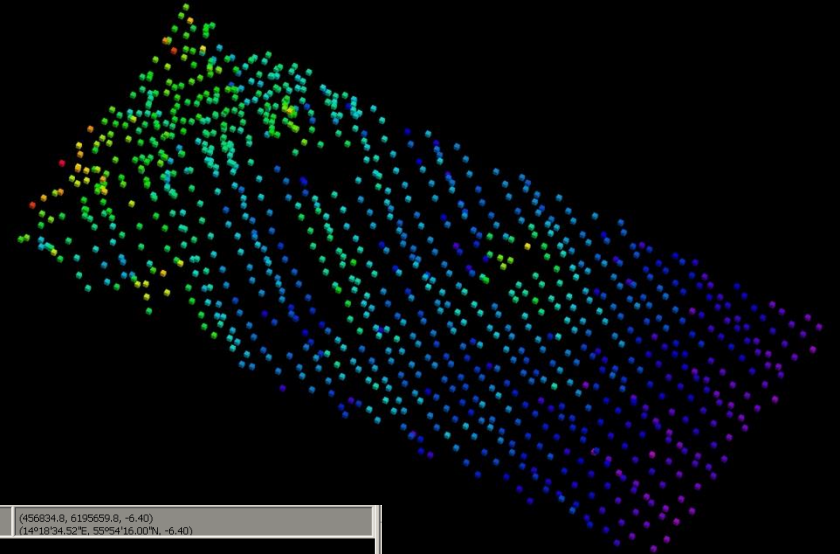
- Normalt 20% överlapp



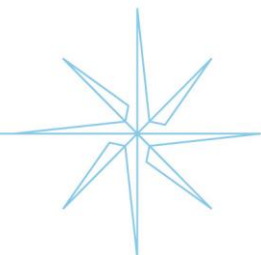
# Objektdetektion, lidar jämfört mot multibeam



Multibeam  
Medeldjup: ca 6 m  
Grundaste pkt: 2,75 m



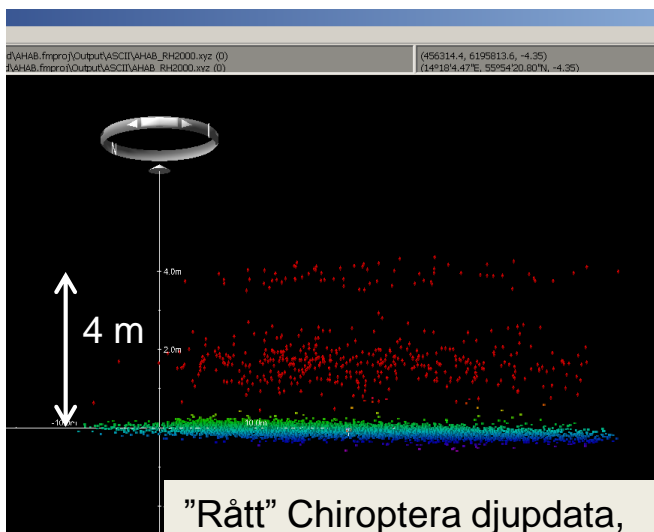
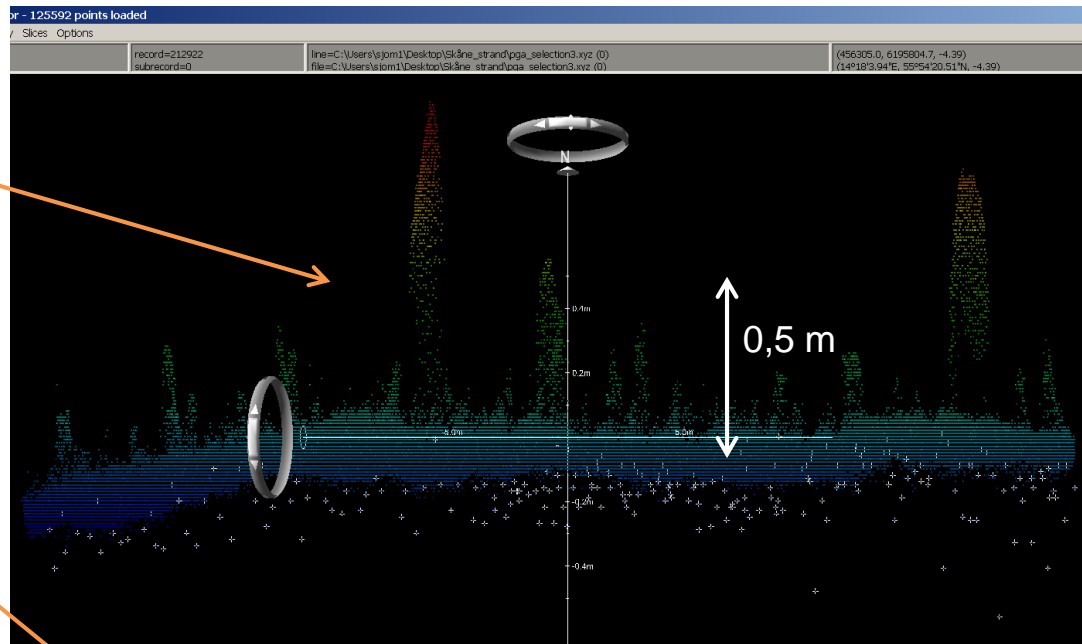
Hawkeye II  
Grundaste pkt på sten: ca 5 m  
Ingen träff på nämnda stenar



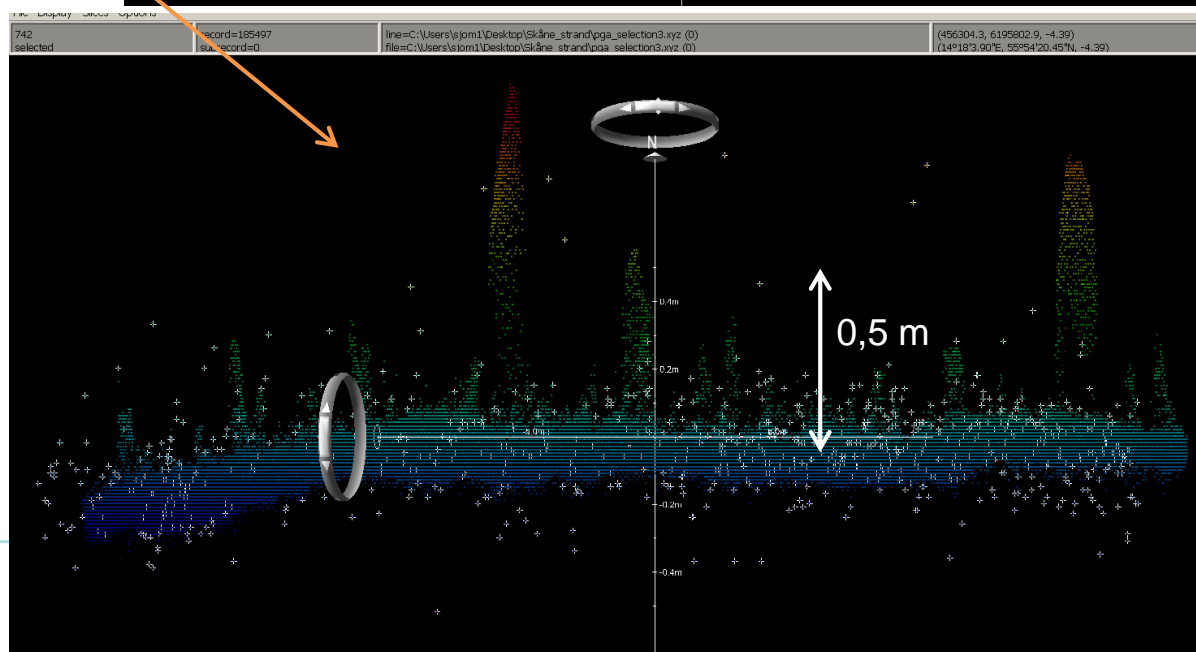
# Punkttäthet och träffbild, lidar jämfört mot multibeam

Vita punkter = Hawkeye II, generell träffbild som ligger strax under multibeam-resultat, inga träffar på objekt.

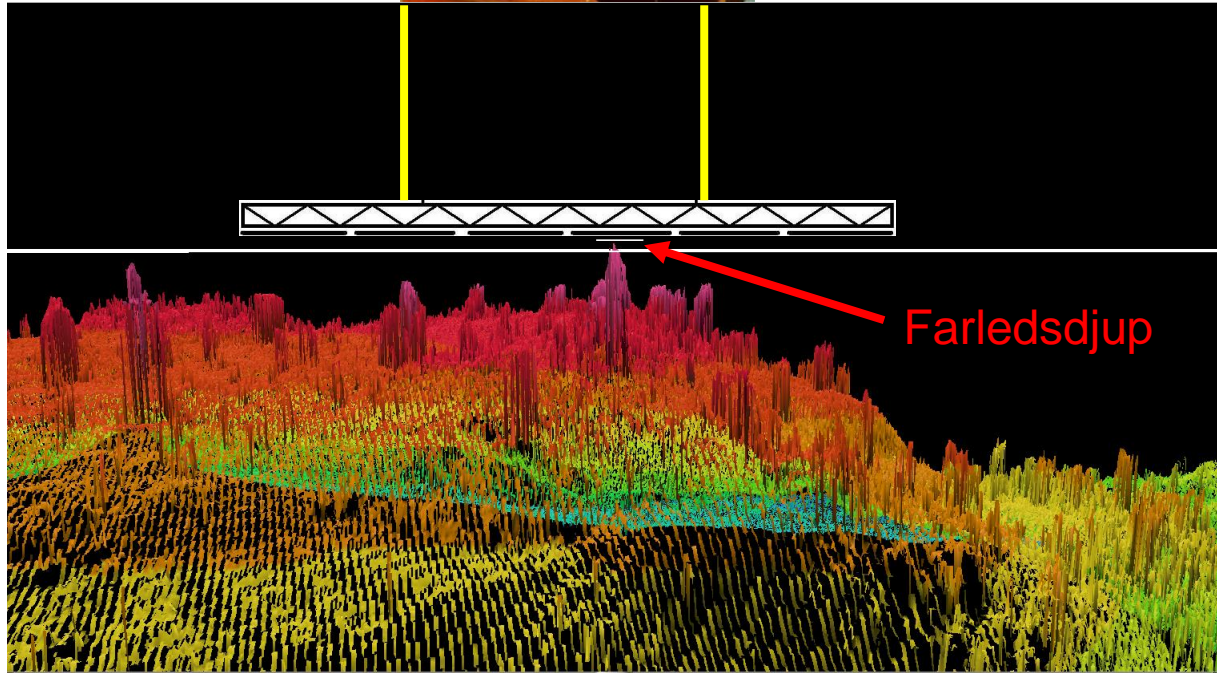
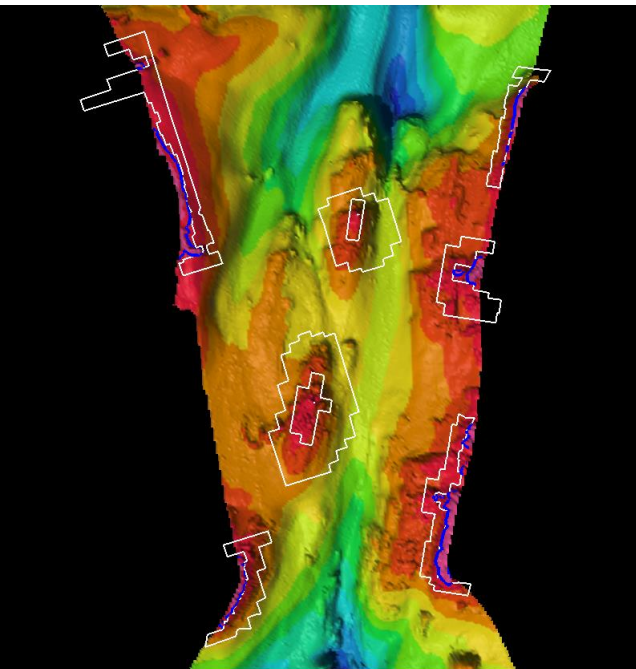
Vita punkter = Chiroptera, stor spridning av punkter efter en försiktig "cleaning", inga träffar på objekt.



"Rått" Chiroptera djupdata, osäkert om objekt döljer sig i punktmolnet (röda prickar), svårt att rensa bort

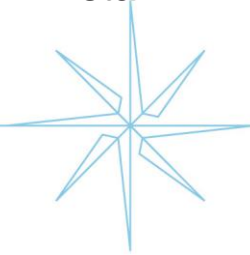


# Ramning krävs i Farledsavsnitt med kritisk bottenklarning

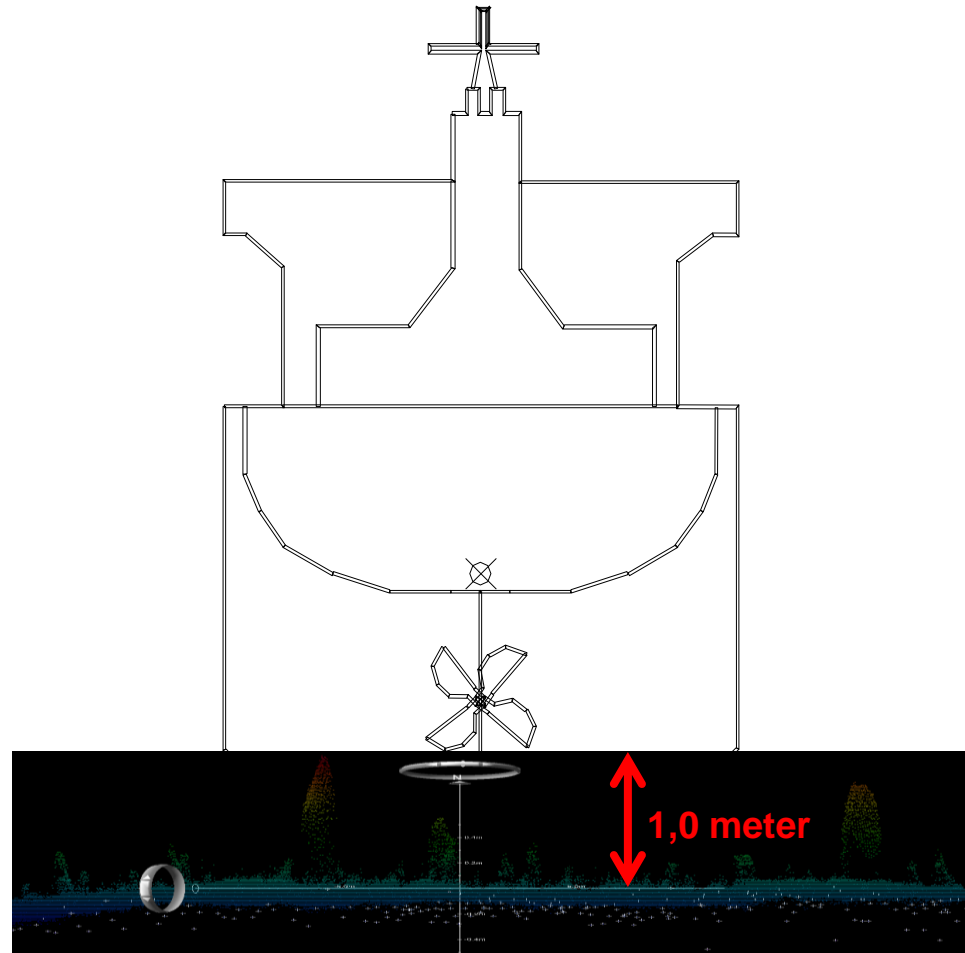


Vänster: Översikt av farledsförträngning med ramning över grunda områden med liten bottenklarning (vita polygoner).

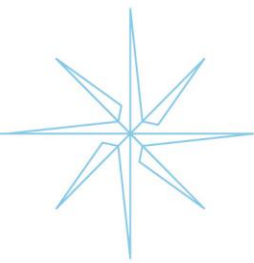
Höger: Ramad nivå (vit linje), den mindre vita linjen vid pilen är 10 cm ovanför och är minsta klarramade djup i farleden, Farledsdjupet.



# Kritisk bottenklarning i Farleder



**0,7-1,5 m minsta bottenklarning  
i Svenska farleder**





# Frågor?

