



**Let op!** Afwijken van de fixatiemethode van de skiboxen is niet toegestaan!

## 1 Planning en veiligheid

Dit document beschrijft hoe een HiSPARC detector op het dak geïnstalleerd dient te worden. Bij het werken op daken of andere gevaarlijke locaties moet goed op veiligheid gelet worden. Neem voordat je begint contact op met de gebouwbeheerder van je school. Die kan instructies geven over de richtlijnen van het veilig werken op het dak, en zo is die ook op de hoogte van het werk. Bespreek vooraf wie wat doet zodat je sneller klaar bent. Check ook of je alle benodigheden hebt zodat je niet vaker het dak op en af hoeft.

## 2 Detector hanteren

**Waarschuwing:** De HiSPARC detector met zijn scintillator, lichtgeleider en PMT is een fragiel apparaat. Neem daarom de volgende maatregelen om schade te voorkomen:

- Verpak de detector zorgvuldig tijdens transport; de detector mag niet kunnen verschuiven in de skibox (voeg extra schuimmateriaal toe).
- Wanneer de skibox niet horizontaal gehouden kan worden, houd de hoge kant van de skibox met de PMT en kabeldoorvoer, altijd boven. Ondersteun de onderkant van de scintillator tegen verschuiven.
- Wanneer de detector buiten de skibox verplaatst moet worden, zorg er dan voor dat de scintillator en lichtgeleider op voldoende plaatsen ondersteund worden om zo breuk in de lijmverbindingen te voorkomen.
- Voorkom grote schokken aan de PMT of stoten aan andere objecten.
- Zorg ervoor dat de kabels netjes uitgerold worden om knikken te voorkomen.
- Fixeer de PMT kabels en connectors met tape (bijv. papieren schilderstape) op de lichtgeleider zodat geen trekbelasting op de draden (en PMT) kan ontstaan.

## 3 Materiaal lijst

Hier is een checklist met de benodigde materialen voor een 2 (of 4) detector station (tussen haken staan de hoeveelheden voor een 4 detector station):

- 2 (4) HiSPARC detectoren
- 2 (4) Coaxkabels van 30 m



**Figuur 2.1** – Detectoren in metalen frames voor vervoer.

- 2 (4) Voedingskabels van 30 m
- 4 (8) Schuimblokken
- 2 (4) Skiboxen met kabeldoorvoer
- 4 (8) Aluminium kokerprofielen (200 cm x 5 cm x 2,5 cm)
- 16 (32) Betonnen opsluitbanden (100 cm x 30 cm x 5 cm)
- Rubberen tegels
- 16 m (32 m) 3/4" RVS spanband ('Band-it')
- 16 (32) 3/4" RVS sluitstukken ('Band-it')
- GPS antenne met voet
- GPS coaxkabel van 30 m
- Tie-wraps

En dit zijn de andere benodigdheden:

- Spantang
- Hamer
- Kniptang
- Logboek
- Detector draagframes (optioneel)



**Figuur 4.1** – Schema van de verankering. 1 - Opsluitbanden, 2 - Aluminium kokerprofiel, 3 - Skibox beugels, 4 - Spanband, 5 - Rubbertegels.

## 4 Beschrijving verankering

De HiSPARC detectoren zijn ondergebracht in skiboxen die bij normaal gebruik geschikt zijn voor toepassing onder uiteenlopende weersomstandigheden. De boxen verkrijgen hun stabiliteit door ze via hun standaard bevestigingspunten (4 beugels) vast te zetten en de deksels op de juiste wijze te sluiten (scharnieren en 3-punts sluiting) en te vergrendelen (sleutel + slot). Om er voor te zorgen dat de boxen ook onder extreme weersomstandigheden (storm) op hun plek blijven, is gekozen voor een robuuste ‘verankering’, te zien in Figuur 4.1. De verankering bestaat uit 4 opsluitbanden en een aluminium kokerprofiel, dit wordt bij elkaar gehouden door RVS spanbanden, de skibox is aan het kokerprofiel verbonden door de standaard bevestigingspunten. Deze verankering blijft los van het dak zodat er geen aanpassingen aan het dak zelf noodzakelijk zijn. Het totale gewicht (en dus de lokale dakbelasting) neemt daardoor wel toe, maar blijft door een goede gewichtsverdeling beperkt (minder dan  $50 \text{ kg/m}^2$ ).

## 5 Checklist voor plaatsing

Voordat de skiboxen geplaatst worden is het raadzaam om de volgende punten stap voor stap te controleren:

- Voorzie iedere detector van een sticker met het stationnummer en het detectornummer. Het stationnummer is een uniek identificatienummer en wordt ook in software gebruikt en wordt aangegeven op de statuspagina van de betreffende cluster op de HiSPARC website en in het logboek van de detector. Het detectornummer wordt bepaald door de poort op het HiSPARC kastje waar de detector aan verbonden wordt: detectornummers 1 en 2 zijn Master PMT1 en PMT2, detectornummers 3 en 4 zijn Slave PMT1 en PMT2.

- Om te voorkomen dat tijdens het transport de fotobuis beschadigt, wordt de detector zo in de skibox geplaatst dat de fotoversterkerbuis zich altijd aan de hogere kant van de skibox bevindt (aan dezelfde kant als de kabeldoorvoer).
- Voor iedere detector is een volledige elektrische test uitgevoerd en gedocumenteerd (kopie rapport bij school in het logboek, bij coördinerende instelling en geplaatst op lokale webpagina's).
- Iedere detector is gekalibreerd (documentatie: in logboek, kopie bij school en bij coördinerende instelling en op webpagina's!).
- In overleg met gebouwbeheer moet een kabeldoorvoer in het gebouw worden aangelegd zodat de kabels van de HiSPARC elektronica (binnen) naar de detectoren (buiten) kunnen. Onthoudt dat de kabels 30 m lang zijn.
- 1 signaalkabel (coax) en 1 voedingkabel (5-aders) per skibox zijn getest en aangelegd. Zorg dat de kabels aan beide uiteinden voorzien zijn van het betreffende detectornummer. Let op bij de aanleg: de voedingskabels zijn niet symmetrisch, de uiteinden hebben verschillende connectors (male/female)! De fotobuis bezit een 'male' connector en moet dus verbonden worden met de 'female' connector van de voedingkabel en de 'male' connector van de kabel moet verbonden worden met de 'female' connector van de HiSPARC elektronica.
- De kabels in de 'vrije natuur' (op het dak en langs de gevel) zijn bij voorkeur in vast gemonterde (metalen/kunststoffen) kabelgoten/buizen ondergebracht (de voedingsspanning van de fotobuis bedraagt 12 V met beperkte belastbaarheid). Voorkom kortsluiting; bescherm de connectors tegen mechanische belasting en inwerking van vocht en voorkom scherpe knikken in de kabels!
- Er wordt rekening gehouden met speciale voorschriften/voorzieningen bij dakbeveiliging tegen blikseminslag.

## 6 Positie van detectoren en GPS antenne

Twee verschillende HiSPARC detector configuraties worden toegepast; een twee-skibox opstelling en een vier-skibox opstelling.

### 6.1 Twee detectoren

De opstelling met twee skiboxen is bij uitstek geschikt wanneer het station gecombineerd wordt met andere stations in de directe omgeving (cluster centra). Het totale detectieoppervlak van dit station bedraagt  $0.5 + 0.5 = 1 \text{ m}^2$ . Om de hoekafhankelijkheid van de opstelling te beperken, worden beide skiboxen parallel geplaatst (de effectieve 'lengte' van het station in twee richtingen is dan 1 m). De 'typische' afstand tussen de twee skiboxen bedraagt 5 à 6 meter. Zie Figuur 6.1 voor een schematische weergave van deze opstelling.



**Figuur 6.1** – Schematische weergave van de plaatsing van de detectoren in een 2-detector station met een GPS in het midden. De afstand tussen de scintillatoren is ongeveer 6 m.

De GPS kan tussen de twee skiboxen op de hartlijn van de scintillatoren geplaatst worden. Meet de Noord-Zuid oriëntatie van deze hartlijn met een kompas en maak een situatieschets waarin deze hoek (t.o.v. noorden) en de afstanden tussen de GPS en detectoren duidelijk is.

## 6.2 Vier detectoren

Een opstelling met 4 detectoren biedt de mogelijkheid om de richting van een lokale deeltjeslawine te bepalen. Ook hier is gekozen voor een opstelling waarbij de geometrie geoptimaliseerd is voor symmetrie; de vier detectoren vormen de hoekpunten van een ruit (met zijden van 10 m), zie Figuur 6.2. Wanneer in alle vier de detectoren een signaal gemeten wordt, kunnen in totaal 4 driehoeken onderscheiden worden; richting reconstructie van de kosmische straling kan zo 4 keer uitgevoerd en op consistentie getest worden.

De GPS kan in het midden op de hartlijn tussen de scintillatoren 3 en 4 geplaatst worden. Ook hier moet een detailschets gemaakt worden van de positie (afstanden en richting) van de detectoren ten opzichte van de GPS. Hier moet de oriëntatie van de hartlijn tussen 3 en 4 t.o.v. het Noorden met een kompas bepaald worden. De volgorde in de nummering van de detectoren is eenduidig en mag niet veranderd worden (Master: scintillator 1 en 2 en Slave: scintillator 3 en 4). Noteer in de schets duidelijk welke detector welk nummer heeft!

## 7 Plaatsing van de skiboxen

**Let op!** Denk aan de voorschriften m.b.t. werken op daken (o.a. blijf meer dan 2 meter van de dakrand verwijderd!). Informeer bij de gebouwbeheerder voor alle regels.

- Wees extreem voorzichtig met de detector; de lijmverbindingen (scintillator/lichtgeleider, lichtgeleider/fotobuis) zijn fragiel en kunnen snel breken waardoor de kostbare fotobuis onherstelbaar beschadigd kan raken.
- Zorg dat in ieder skibox één gat geboord is voor de kabeldoorvoer. De kabeldoorvoer moet van binnen worden aangebracht, zodat alleen de bevestigingsmoer zich aan de buitenzijde bevindt.
- Geen extra gewichten in de skibox plaatsen.



**Figuur 6.2** – Schematische weergave van de plaatsing van de detectoren in een 4-detector station. De detectoren liggen in de vorm van een ruit, dus twee aaneengesloten gelijkzijdige driehoeken met zijden van 10 m. De GPS is geplaatst tussen detector 3 en 4.

- Verwijder het schuimmateriaal dat voor transport boven de scintillatieplaat en lichtgeleider aan is gebracht pas dan wanneer de skibox op zijn definitieve plek geplaatst is.
- Let op dat bij het transport van de skiboxen deze op de juiste wijze (3 punten!) gesloten zijn (en op slot!) terwijl voldoende schuimmateriaal is aangebracht om het verschuiven van de scintillatieplaat en lichtgeleider te voorkomen (laat de sleutel nooit in het slot van de skibox zitten, de sleutel kan eenvoudig afbreken!).

De skiboxen worden gefixeerd via hun standaard bevestigingspunten zodat de belasting van de bevestigingspunten identiek is aan de belasting op een autodak. Alleen zo kan veilige montage gegarandeerd worden. Kies de uiterste positie (zo ver mogelijk van elkaar af) van de bevestigingspunten in de skibox. Er worden een aantal series skiboxen toegepast die qua afmetingen niet veel verschillen, maar wel afwijken in de manier waarop de bevestigingsbeugels in de box gefixeerd worden.

## 7.1 Hapro skiboxen

Bij elke Hapro skibox worden 4 beugels en 4 beugelvergrendelingen geleverd. In Figuur 7.1 is de vergrendeling in 'ontgrendelde' toestand weergegeven, zo kunnen de uiteinden van de beugels door de onderkant van de skibox erdoor worden gestoken. Door dan het centrale deel rechtsonder te draaien worden de beugels vastgeklemd en kan de rode zekering over het uiteinde van het draaiende deel geschoven worden.



**Figuur 7.1** – Bevestigingbeugels en vergrendeling van de Hapro skiboxen.



**Figuur 7.2** – Bevestigingbeugels, moeren en afdekplaatjes van de Thule skiboxen.

## 7.2 Thule skiboxen

Bij de Thule skibox worden 4 beugels, 8 moeren, en een aantal afdekplaatjes geleverd (Figuur 7.2). De beugels worden van onder in de gaten in de bodem van de skibox geplaatst. Vervolgens worden aan de binnenzijde van de box de rubberen en kunststof afdekplaat (in deze volgorde!) over de uiteinden van de beugel geschoven. Tenslotte worden de moeren op de uiteinden van de beugel gedraaid. De niet gebruikte gaten in de bodem van de skibox worden met meegeleverde (zwarte) plastic stickers afgedekt.

## 7.3 Verankering skiboxen

Dit beschrijft de ‘verankering’ van één skibox op het dak. Afwijken van deze methode is niet zonder overleg toegestaan!

Afhankelijk van de dakbedekking kunnen rubberen matten of een aantal rubberen tegels aangebracht worden waarop de betonnen opsluitbanden geplaatst worden. Het RVS band wordt met een spantang om de kokerbalk en betonnen opsluitbanden gesnoerd. De kokerbalken drukken de twee beugels tegen de opsluitbanden. De beugels steken door de bodem van de skibox. De vergrendelingen/moeren op de beugels aan de binnenzijde van de skibox zorgen ervoor dat de skibox op de kokerbalk gefixeerd wordt. Het sluitstuk van de spanband is eveneens van RVS en heeft vertandingen en sluitnokken waarmee de band gefixeerd wordt (Figuur 7.3a). Met de spantang





**Figuur 7.3** – Doorvoeren van spanband sluitstukken. Spannen van de spanbanden.



**Figuur 7.4** – Ombuigen spanband. Verankeren van de spanband.

wordt de spanband strak om de opsluitbanden en het kokerprofiel getrokken, zo dat het sluitstuk op het kokerprofiel blijft (Figuur 7.3b). Buig de spanband zodat het losse stuk met de nokken vast gezet kan worden (Figuur 7.4a). De nokken worden met een hamer om de band ‘gebogen’ (Figuur 7.4b). De spantang heeft een ingebouwde schaar waarmee de band op lengte kan worden geknipt. Per skibox worden zo 8 spanbanden aangebracht.

Let op dat de kabelgoten zo dicht mogelijk bij de skibox eindigen en dat de kabels langer zijn dan strikt noodzakelijk om de connectors van de fotobuizen te bereiken. Deze extra kabellengte wordt los in de skibox (rond de scintillatorplaat) ondergebracht zodat een eenvoudige ‘trekontlasting’ van de kabel aan de fotobuis ontstaat (zie Figuur 7.5a). De kabels worden bij de kabeldoorvoer in de skibox voorzien van twee extra tiwarps (die niet afgeknipt worden!). Zo wordt een extra trekontlasting verkregen. De kabels kunnen door een PVC buis (zie Figuur 7.5b) of andere kabel doorvoer het gebouw binnen komen, overleg hierover met gebouwbeheer. Iedere detectieopstelling bezit twee sets sleutels. Een set wordt beheerd door de school (blauw label); de reservesleutels worden beheerd door de clustercoördinator (rood label).

Tenslotte, het is uiterst belangrijk dat het deksel van de skibox op de juiste wijze - d.w.z. het deksel sluit aan alle randen terwijl de sleutel zonder veel kracht uit te oefenen omgedraaid kan





**Figuur 7.5** – Doorvoer in de muur voor de kabels. Kabels komen de skibox binnen.

worden - gesloten wordt! Uiteraard moet er geen schuim bovenop de scintillator en de lichtgeleider in de skibox achterblijven.

**Disclaimer** - de hier beschreven plaatsingsmethode is ontwikkeld op basis van de gegevens verstrekt door de fabrikant van de skiboxen en is geverifieerd door constructeurs. De methode heeft zich in de praktijk bewezen. Op enigerlei wijze afwijken van deze methode geschiedt uitdrukkelijk op eigen verantwoordelijkheid en wordt ten sterkste ontraden!

## 8 GPS plaatsing

De GPS antenne wordt op een stabiele mast of antennevoet in de directe nabijheid van de detectoren geplaatst, zodat de antenne 'vrij zicht' heeft op een zo groot mogelijk deel van de hemel. Bij correcte plaatsing, worden meer dan 5 satellieten gelijktijdig waargenomen.

De GPS antennekabel heeft aan beide zijden dezelfde connector.

Bij voorkeur wordt de GPS antenne gemonteerd op een stoeptegels met behulp van de bijgeleverde kunststof voet. Doe de voet over de GPS antennekabel en bevestig de kabel aan de GPS antenne, schroef dan de voet op de GPS antenne. Boor in de stoeptegels 3 gaten die passen met de plek van de gaten in de GPS voet. Gebruik dan lange RVS bouten met moeren om de voet aan de stoeptegels vast te maken zodat er genoeg ruimte onder de voet is zodat de antennekabel niet knikt. Zie Figuur 8.1 voor een voorbeeld hiervan. De GPS antenne kan ook op een buis gemonteerd worden, de onderzijde past op een gasfitting van 3/4".

De GPS antennekabel wordt bij voorkeur in een stabiele kabelgoot gemonteerd (de GPS kabellengte bedraagt eveneens 30 m; deze kabellengte mag zonder speciale maatregelen niet veranderd worden!). De kabel mag niet los liggen/hangen, vooral niet langs een mast (gebruik tie wraps)!



**Figuur 8.1** – GPS bevestigd op voet.



**(a)**



**(b)**

**Figuur 9.1** – Geïnstalleerde detector stations. Vergeet niet de skiboxen op slot te doen.

## 9 Afronding

Zorg dat er geen rommel achter blijft op het dak, zoals lossen stukken spanband. Vergeet ook niet de skiboxen goed op slot te doen en de sleutels op een goede plek te bewaren.

Nu de detectoren geplaatst zijn kan het meten beginnen, hiervoor moet de HiSPARC elektronica aan de pc en detectoren verbonden worden. De documentatie die de software installatie beschrijft is online te vinden op <http://docs.hisparc.nl/station-software/doc/index.html>.