

# DUKS – Dansk Uddannelsesorienteret Kosmisk Stråle-projekt

Af Jørgen Beck Hansen, Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet

Den kosmiske forbindelse til engagerende undervisning: Bring forskningen ind i klasseværelset! Dette er netop idéen bag DUKS projektet, der har som vision at knytte de danske gymnasier sammen i et netværk, som kan bringe forskningen ind i gymnasiet. Selve DUKS projektet søger at opbygge og operere forskellige målestationer til måling af "extended airshowers", dvs. byger af partikler stammende fra meget højenergetiske partikler fra det ydre rum, med henblik på senere at kunne skabe et dansk "ground array" gennem udvidelse til hvert eneste interesserede gymnasium.

## Indledning

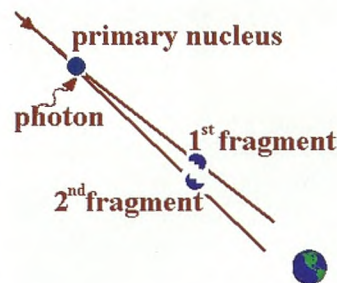
Indenfor moderne astro- og partikelfysik slutter forskere sig sammen i store internationale samarbejder for at kunne bygge de meget store eksperimenter der er nødvendige i deres forskning. Det samme koncept udgør kernen i DUKS projektet, der blev startet i 2005 som et samarbejde mellem forskere på Aarhus og Københavns Universitet. Målet på længere sigt er at samle de danske gymnasier omkring studiet af kosmiske stråler gennem et netværk af GPS tidssynkroniserede detektorer placeret på de enkelte skoler. Dette giver en unik mulighed for at viderebringe den videnskabelige fascination og tankegang, herunder de intellektuelle og tekniske udfordringer, som er en naturlig del af moderne forskning, til elever og lærere i gymnasiet. Projektet skal illustrere hvordan moderne forskning foregår og give elever erfaring i at udføre forskning, arbejde med avancerede detektorer og data, med mulighed for at kunne bidrage til nye videnskabelige resultater. Disse resultater kan kun opnås gennem samarbejde med andre skoler og eleverne vil lære at fungere i et internationalt og nationalt netværk. For spørgsmålet er ikke bare om du blev ramt af en kosmisk partikel, men hvor og hvor mange andre i din skole, by, landsdel eller familie der blev ramt samtidigt!

## Kan vi bidrage?

JA! Opbygningen af et dansk projekt – "mini-Auger" – vil alene selvfølgelig på ingen måde "konkurrere" med de største internationale tiltag, som f.eks. Pierre Auger eksperimentet. Men et dansk netværk vil kunne komplementere deres detaljerede målinger i lokaliserede områder med data fra et andet område om end med et mere spredt netværk af individuelle målestationer. Og nok synes Auger at være på nippet til at afsløre nogle af mysterierne omkring UHECR, men gåden er langt fra løst! Faktisk kan UHECR partikler manifestere sig på flere måder og ikke kun som en enkelt ultra-højenergetisk byge af partikler, som vi hører om fra Auger, men også som grupper af samtidige byger med lavere energi. Et sådant, til dags dato, unikt tilfælde fandt sted tæt ved Winnipeg i januar 1981, hvor man gennem 5 min(!) observerede 32 byger af partikler med en gennemsnitlig energi på  $3 \cdot 10^{15}$  eV – kun én byge var forventet i samme tidsrum. Omkring samme år, så en

anden gruppe i Irland en usædvanlig samtidig forøgelse i tælle-raten ved to målestationer 250 km fra hinanden – selve hændelsen varede ca. 20 sekunder og var den eneste af sin slags i de 3 år man observerede. Der har været andre tilfælde af sådanne korrelerede kosmiske stråle fænomener siden – de fleste set af mindre eksperimenter rundt om på kloden, herunder fra CHICOS (California High school Cosmic ray Observatory) [1], men også AGASA eksperimentet har rapporteret om svage grupperinger i oprindelsesretning og ankomsttid for disse mange byge hændelser.

Der eksisterer flere mulige forklaringer på oprindelsen til disse korrelerede byger af partikler. En af de forklaringer som har været længst fremme, stammer tilbage fra 1950'erne, hvor N.M. Gerasimova og G.T. Zatsepin [2] foreslog, at ultra-højenergetiske kerner i den kosmiske stråling blev slået i stykker ved mødet med fotoner i nærheden af Solen. Mere nutidige og eksotiske forklaringer tager deres udgangspunkt i eksistensen af ekstra dimensioner, mikroskopiske sorte huller eller kollisioner af neutrinoer fra supernovaer.

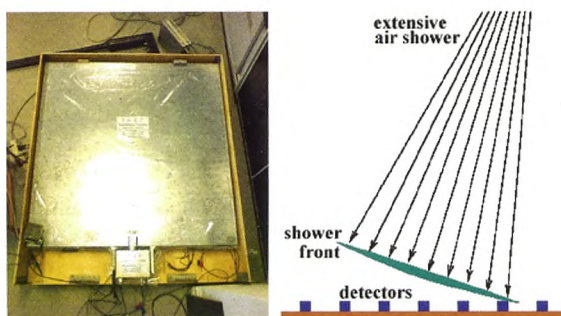


**Figur 1.** Hvordan er det muligt at registrere samtidige byger adskilt med mere end 100 km? Gerasimova-Zatsepin mekanismen forklarer dette ved at en UHECR kerne kolliderer med en foton fra Solen og fragmenterer.

Et andet yderst interessant perspektiv, specielt set i lyset af den livlige debat om den globale opvarmning, er muligheden for at korrelere hyppigheden af kosmiske partikler med egenskaber i atmosfæren, såsom tryk og skydannelse, og med hændelser i Solsystemet – specielt forbundet med øget sol-aktivitet. Begge tilfælde viser en tydelig sammenhæng. Endeligt kan DUKS opstillingen benyttes på den enkelte skole til at bestemme egenskaber ved den første egentlige eksotiske elementarpartikel vi kender: Muonen.

## Detektoren – opbygning og funktionalitet

DUKS projektet benytter to forskellige designs af en målestation for at kunne vurdere fordele og ulemper ved de forskellige fremgangsmåder [3,4]. Fælles for begge målestationer er valget af plastikscintillatorer som det aktive materiale, hvori der udsendes fotoner ved passage af ladede partikler. For at en målestation individuelt skal kunne bestemme retningen og tætheden af partiklerne i en byge, skal den have minimum 3 scintillator plader (typisk areal  $\sim 0,5 \text{ m}^2$ ) koblet via lysleder til et fotorør. Højden på udgangssignalet fra fotorøret, bestemt vha. en ADC, er et groft mål for antallet af partikler som rammer en plade. Da en typisk byge af partikler rammer Jorden som en fed pandekage med en maksimal tykkelse på nogle få meter giver forskellen i ankomsttid mellem de enkelte plader, anbragt med ca. 10 m's afstand, således mulighed for at vurdere retningen af den indkomne byge. En enkelt målestation siges at have observeret en byge, hvis der indenfor et meget kort tidsrum (nogle hundrede nanosekunder) registreres partikler i mindst to scintillatorer. For at kunne tids-synkronisere målinger fra flere stationer, er hver station udstyret med en GPS, som giver en global tid for en hændelse med en præcision bedre end 20 ns. Den enkelte målestation er ligeledes udstyret med sensorer til at måle tryk, temperatur og luftfugtighed på tidspunktet for ankomsten af en partikelbyge. I det endelige design bliver hver scintillator og elektronikken anbragt i en skibox, som tillader anbringelse udendørs – eventuelt på et fladt tag.



**Figur 2.** Til venstre: Billede af en  $1 \text{ m}^2$  scintillator. Den lille boks forinden indeholder fotorør samt højspændingsforsyning. Til højre: Skematisk illustration af konceptet bag målingen af en byge af partikler som alle stammer fra en (U)HECR partikel.

Dataopsamlingsystemet i DUKS projektet består principielt af 3 komponenter: En programmerbar elektronik (eller PC) til at samle enkelte målinger fra alle sensorer, en GPS enhed og et netværksmodul (network-on-chip) til at sende data til en central database. Den efterfølgende dataanalyse foretages af elever og lærere fra de involverede skoler via et modulært web-system. Alle skoler har adgang til alle data, men det er den enkelte elev/klasse som skal forme deres dataanalyse for at undersøge netop det som de er interesseret i.

I områder med kort (nogle få km) afstand mellem gymnasieskolerne giver den "samtidige" måling af by-

gens ankomsttid og partikeltæthed over længere afstand en bedre bestemmelse af retningen og energien af den oprindelige partikel for UHECR partikler med energier på  $10^{18} \text{ eV}$  eller mere. Med afslutning af DUKS projekts forsøgsfase i foråret 2008, kommer tiden til næste fase, hvor det planlægges at samarbejdet skal udvides til gymnasieskoler over hele landet<sup>1</sup>.

## Fremtiden – et verdensomspændende netværk

Fælles for alle observationer af kosmiske stråler er at de højenergetiske partikler er yderst sjældne og deres detektion kræver et betydeligt areal (flere kvadratkilometer) i op til store afstande dækket med sensorer. Der er således interesse i have flere større systemer af sensorer placeret overalt på jordkloden for at observere så stor en del af verdensrummet som muligt.

Over hele verden er der lignende tiltag og bl.a. arbejder de fleste af grupperne i Canada og USA allerede sammen i en kollaboration (NALTA) [5]. De europæiske grupper er ligeledes i færd med at skabe en pan-europæisk organisation, eurocosmics [6], hvor Danmark er med. I en lidt fjernere fremtid vil et naturligt skridt være at forene de nordamerikanske og europæiske kosmiske netværk af stationer til et verdensomspændende netværk. Udvidelsen af et sådant samarbejde til at inkludere udviklingslande kan hjælpe med til naturligt at bringe den globale videnskabelige kultur til unge i disse lande.

## Litteratur

- [1] arXiv:astro-ph/0509213, <http://xxx.lanl.gov>
- [2] *Sov. Phys. JETP* vol. **11**, 899 (1960)
- [3] SEASA (The Stockholm Educational Air Shower Array), <http://www.particle.kth.se/SEASA>
- [4] HiSPARC, (High School Project on Astro-Physics Research with Cosmics), <http://www.hisparc.nl/>
- [5] <http://csr.phys.ualberta.ca/nalta>
- [6] <http://www.nikhef.nl/extern/eurocosmics>



Jørgen Beck Hansen arbejder med eksperimentel partikelfysik på Niels Bohr Institutet og er, udover sit engagement i DUKS, tilknyttet ATLAS-eksperimentet på CERN – det europæiske center for partikelfysik.

<sup>1</sup> Et muligt navneforslag kunne være: DAISY – "Danish Air Shower array"