

W projekcie DarkSide-50, będącym prototypem detektora o masie aktywnej wielu ton poszukiwaliśmy słabo oddziałujących masywnych cząstek (tzw. WIMPs-ów) o masach większych od $50 \text{ GeV}/c^2$ przy użyciu detektora o ekstremalnie niskim tle i masie aktywnej równej 50 kg. Po 530 dniach pomiarów i analizie zgromadzonych danych, uzyskaliśmy bardzo interesujące wyniki, potwierdzające wysoką skuteczność zastosowanych metod redukcji tła. Znakomita zdolność rozróżnienia zdarzeń wywołanych przez naturalne rozpady promieniotwórcze (tło) od ewentualnych rozprośnień WIMPs-ów na jądrach Ar świadczy o wysokim potencjale dyskryminacyjnym ciekłego argonu (możliwość analizy kształtu impulsu) wykorzystanego jako materiał tarczy. Dodatkowo, rozwinięcie nowych metod analizy niskoenergetycznych zdarzeń sygnału jonizacyjnego, otworzyło możliwość poszukiwania cząstek ciemnej materii o małych masach ($< 10 \text{ GeV}/c^2$). Osiągnięte wyniki pozwolą, w przypadku ewentualnej obserwacji sygnału przy użyciu dużego detektora z ciekłym argonem, takiego jak budowany DarkSide-20k (masa aktywna równa 20 ton), z dużym prawdopodobieństwem przyjąć, iż pochodzi on od procesów nieobserwowanych dotąd w przyrodzie.

Centralną częścią detektora DarkSide-20k będzie dwufazowa komora projekcji czasowej (tzw. TPC) napełniona ciekłym argonem. Poza niskoaktywnym argonem (aktywność właściwa ^{39}Ar zredukowana o ponad dwa rzędy wielkości w stosunku do normalnego argonu) pochodzącym z podziemnego złoża, po raz pierwszy w tego typu eksperymencie zastosujemy niskotłowe fotopowielacze krzemowe (tzw. SiPMs) oraz aktywne veto neutronowe. Detektor będzie pracował w podziemnym laboratorium w hali C włoskiego Laboratori Nazionali del Gran Sasso, Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN). Eksperyment jest przygotowywany we współpracy instytucji z Brazylii, Chin, Kanady, Francji, Hiszpanii, Rumunii, Polski, Stanów Zjednoczonych Ameryki, Wielkiej Brytanii, Szwajcarii i Włoch. Z Polski w projekcie DarkSide-20k bierze udział grupa z Uniwersytetu Jagiellońskiego, Politechniki Łódzkiej i AstroCent-u.

Zadania badawcze proponowane do realizacji w ramach niniejszego projektu dotyczą głównie budowy ultra-czułych detektorów radonu, wysokoczułej analizy zawartości izotopów promieniotwórczych (emiterów alfa i gamma) w materiałach konstrukcyjnych detektora DarkSide oraz badania aktywności powierzchniowych na poziomie $10 \mu\text{Bq}/\text{m}^2$, które nie były nigdy wcześniej podejmowane. Uzyskane wyniki będą miały ogromne znaczenie dla eksperymentów poszukujących rzadkich procesów jądrowych, w których coraz częściej wykorzystuje się ciekłe gazy szlachetne. Umożliwią one także opracowanie nowych technik redukcji tła – kluczowego parametru wszystkich detektorów budowanych pod kątem rejestracji rozpadu protonu, podwójnego bezneutrinowego rozpadu beta czy oddziaływań cząstek ciemnej zimnej materii. Pozwoli to na prowadzenie eksperymentów z aktywną masą rzędu wielu ton (DarkSide-20k).

Dla fizyki cząstek elementarnych oraz kosmologii odkrycie i opisanie nowych cząstek, których istnienie wyjaśniłoby najprawdopodobniej problem brakującej masy we Wszechświecie i potwierdziło hipotezę o występowaniu niebarionowej ciemnej zimnej materii, byłoby niewątpliwie wydarzeniem o ogromnym znaczeniu. Forma tej materii jest ciągle nieznana, a WIMPY wydają się tutaj najbardziej prawdopodobnym i ogólnie akceptowanym kandydatem. Ciemna materia jest niezbędna m.in. do wyjaśnienia sposobu formowania się galaktyk i struktur wielkoskalowych we Wszechświecie.