



AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE
AGH UNIVERSITY OF KRAKOW

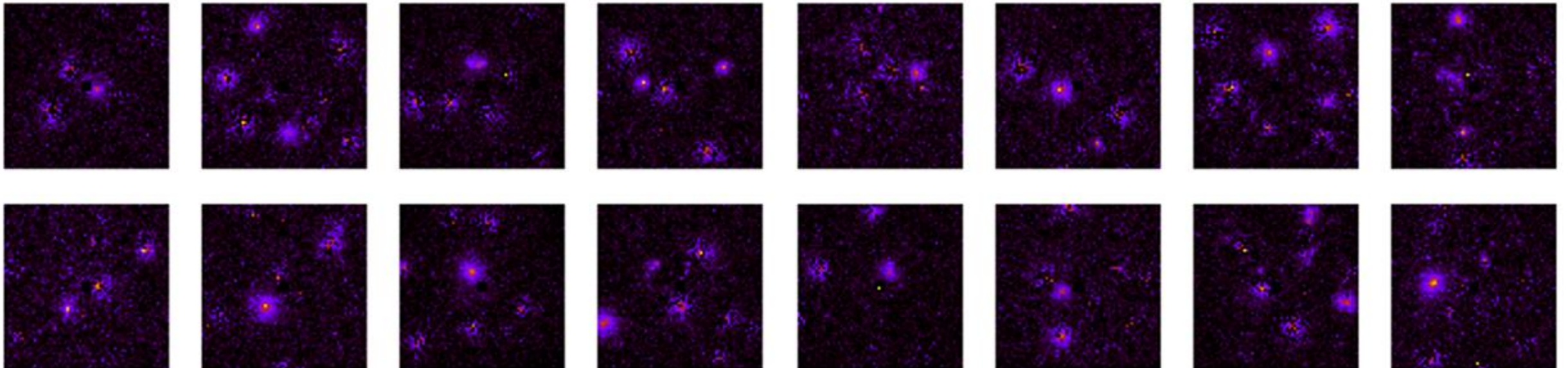
Szybkie symulacje detektora FoCal-H

Emilia Majerz, Łukasz Dubiel, Piotr Ludynia

- Założenia:
 - Symulacja danych 2D – zrzut danych trójwymiarowych na dwuwymiarową płaszczyznę (suma).
 - Wykorzystanie modeli generatywnych do symulacji odpowiedzi detektora.
 - Skorzystanie z wiedzy uzyskanej przy projekcie symulacji odpowiedzi ZDC.
 - Potencjalne wykorzystanie teorii fizycznej w symulacji (*theory-inspired machine learning*).

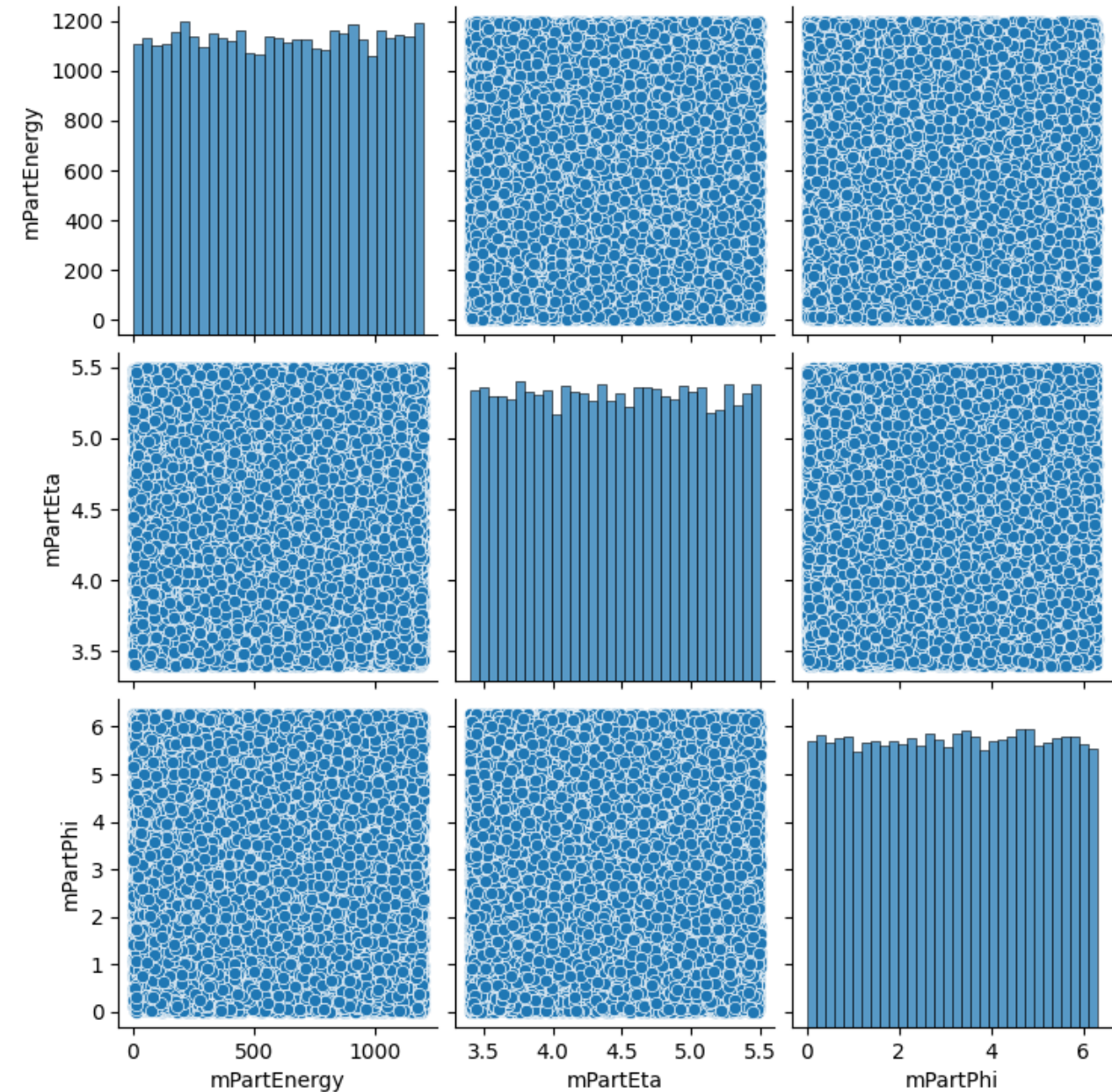
Zbiór danych - podejście I

- 30 000 symulacji cząstek π^+ .
- Dane wejściowe: energia, kąty eta oraz phi (związane z początkowym kierunkiem cząstki).
- Wynik: odpowiedź detektora FoCal-H, zawierająca kilka rozbłysków (cząstka pierwotna przechodzi wcześniej przez FoCal-E). Przykłady:



Zbiór danych - podejście I

Energia i początkowe kąty mają wartości z rozkładu jednostajnego (przekątna na wykresie) - równomierna reprezentacja wartości początkowych w zbiorze danych.



Zbiór danych - podejście I

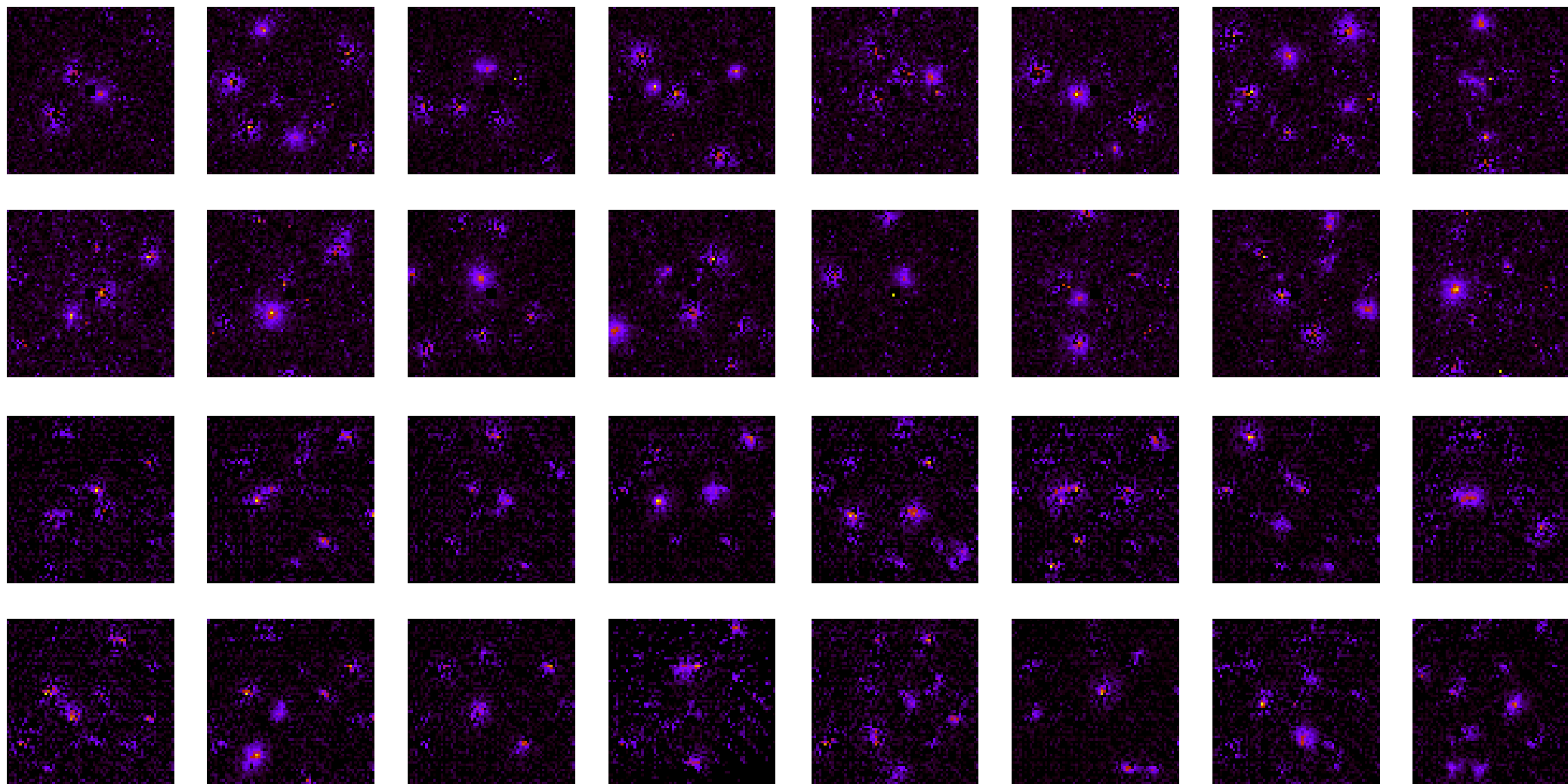
- Zbiór odpowiedzi detektora wymagał oczyszczenia:
 - Skrajne wartości (rzędu +/- 10^{40}) - ewidentnie błędne wartości.
 - Wartości typu "not a number".
 - Inne problematyczne wartości - np. bardzo duża sumaryczna energia odpowiedzi.
- Oczyszczenie umożliwiło trening modeli.

Symulacje - podejście I

- Pierwsze eksperymenty: GAN, VAE, dyfuzja.
- Wykorzystanie danych po logarytmizacji.
- Problem: brak "fizycznej" metryki do określania jakości wyników - konieczność używania metryk typowych dla modeli generatywnych.

Wyniki I - GAN

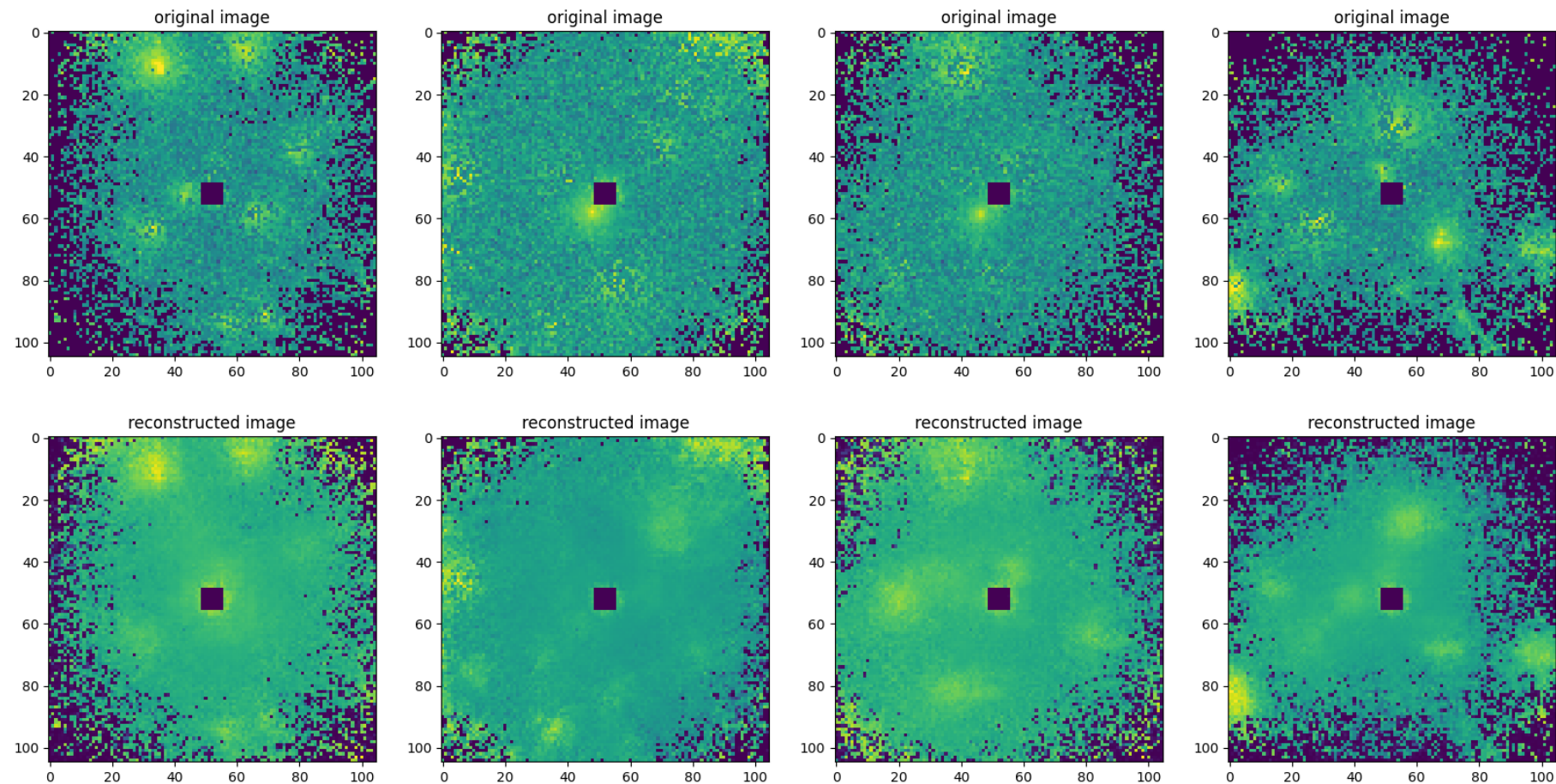
- Modele bazujące na sieciach konwolucyjnych.
- Odwzorowanie struktury obrazu - uwzględnienie kilku osobnych rozbłysków.
- Niemożliwa weryfikacja poprawności miejsc rozbłysków.
 - Zbiór danych uwzględnia tylko po jednej odpowiedzi detektora dla danego wektora wejściowego.
 - Rozbłyski w innych miejscach niż na obrazie referencyjnym - zła odpowiedź czy poprawna, choć inna?



Obrazy wygenerowane z pomocą przykładowego modelu GAN.
Rzędy 1, 2 – obrazy referencyjne, 3, 4 – wygenerowane przez model.
Rząd 3 odpowiada rzędowni 1, rząd 4 - rzędowni 2.

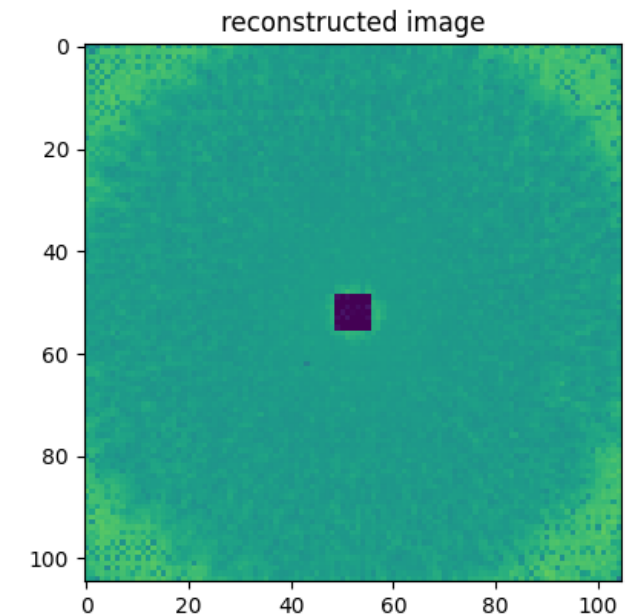
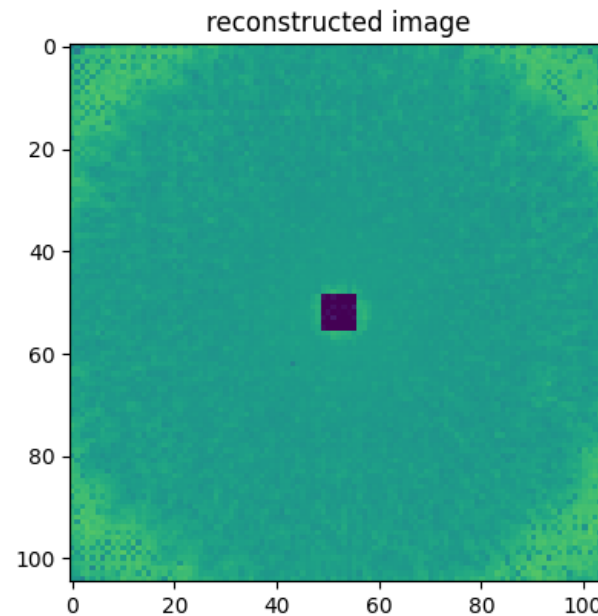
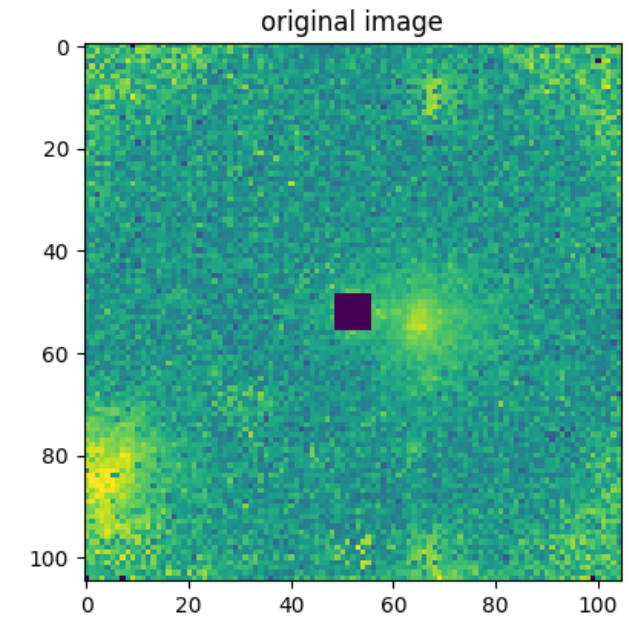
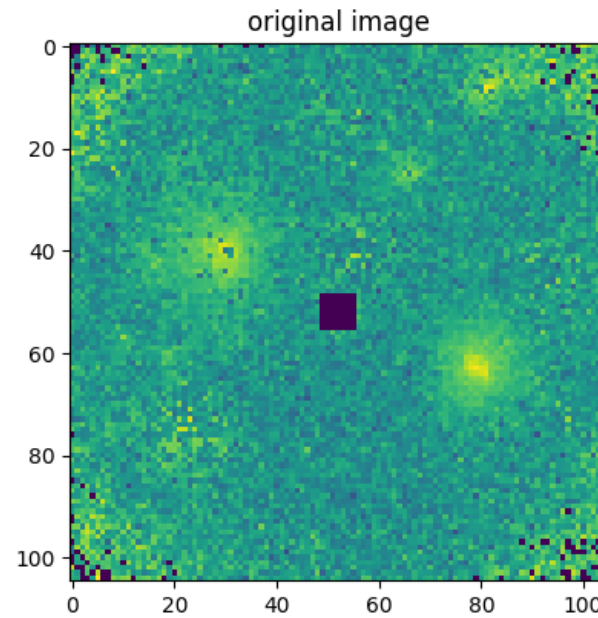
Wyniki I - VAE

- Dobre rekonstrukcje dla VAE bez warunkowania. W szczególności wartości bliskie 0

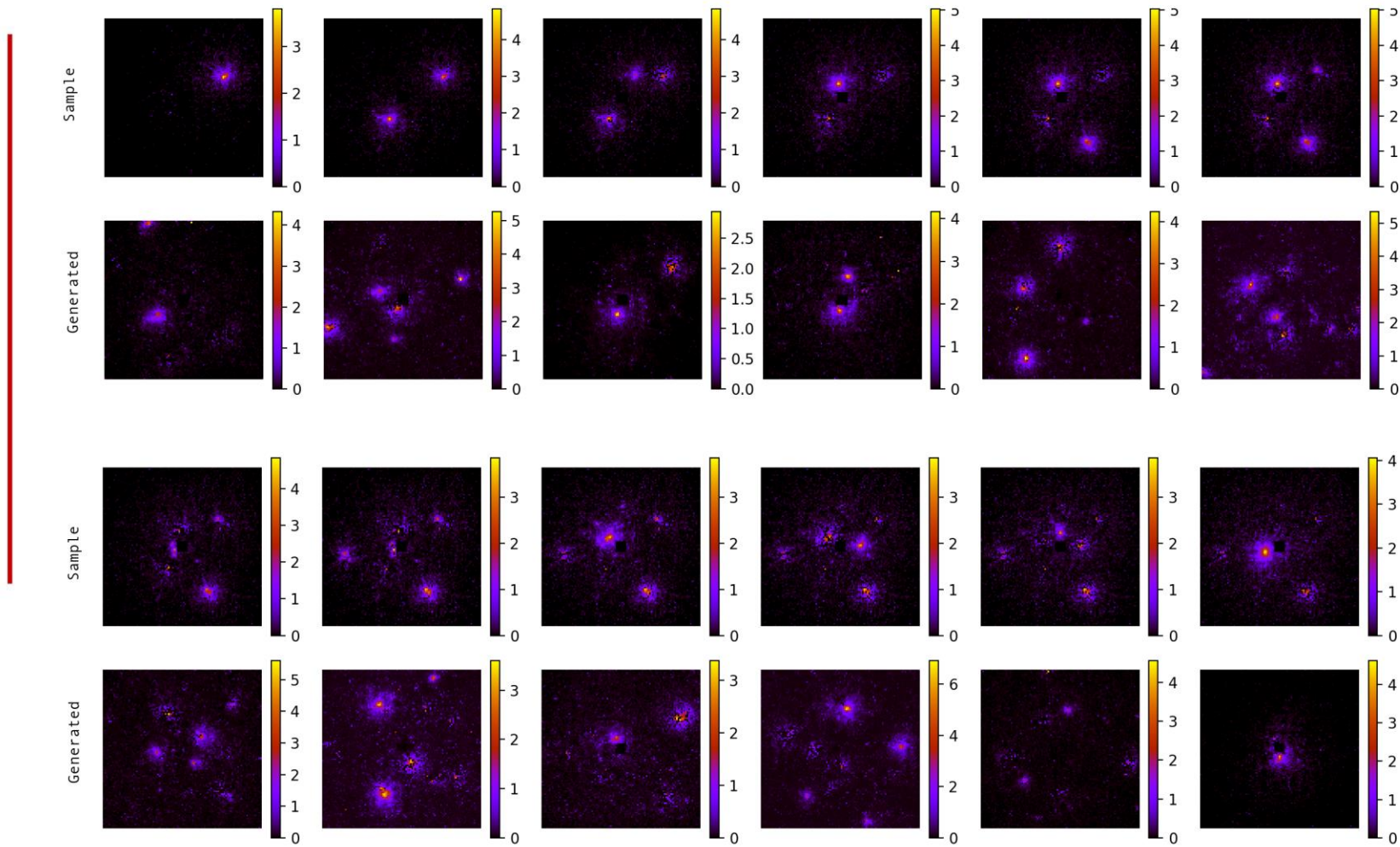


Wyniki I - VAE

- Niektóre rekonstrukcje praktycznie nie oddają detali
- Następny krok - użycie warunkowanego VAE



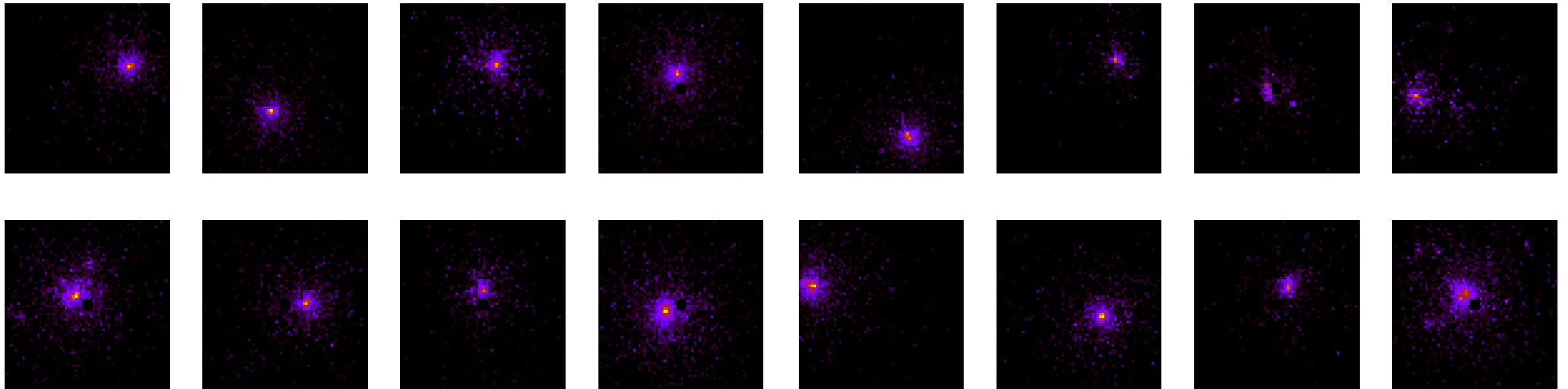
Wyniki I - dyfuzja



Zastosowano model – Conditional DDIM jak przypadku symulacji ZDC <https://github.com/m-wojnar/zdc>

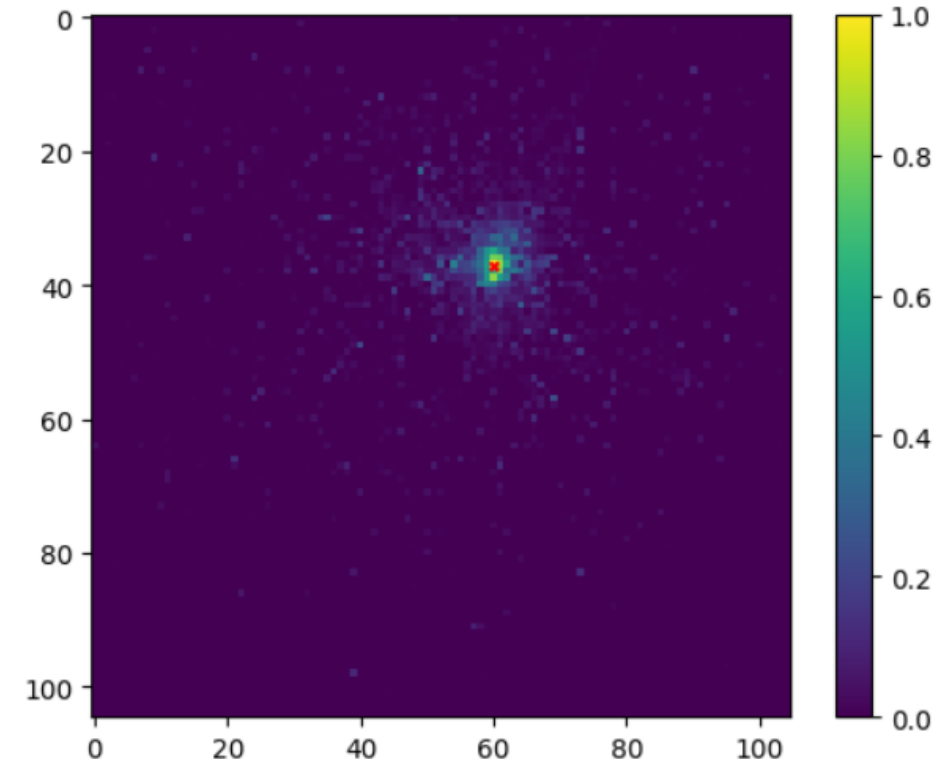
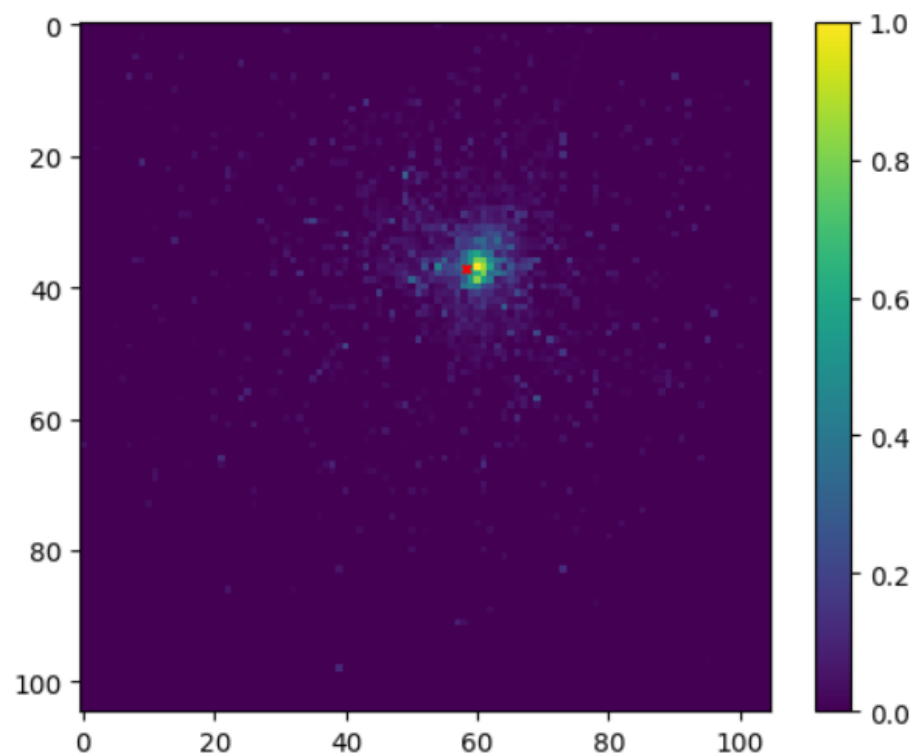
Zbiór danych - podejście II

- Każda odpowiedź detektora zawiera jeden rozbłysk.
 - Wyłączenie detektorów pomiędzy IP i FoCalem-H podczas symulacji.
- Podobnie jak w Zbiorze I: 30 000 elementów, te same parametry wejściowe, jednostajny rozkład parametrów.
- Możliwość wykorzystania metryk "fizycznych".



Metryki dla symulacji detektora FoCal

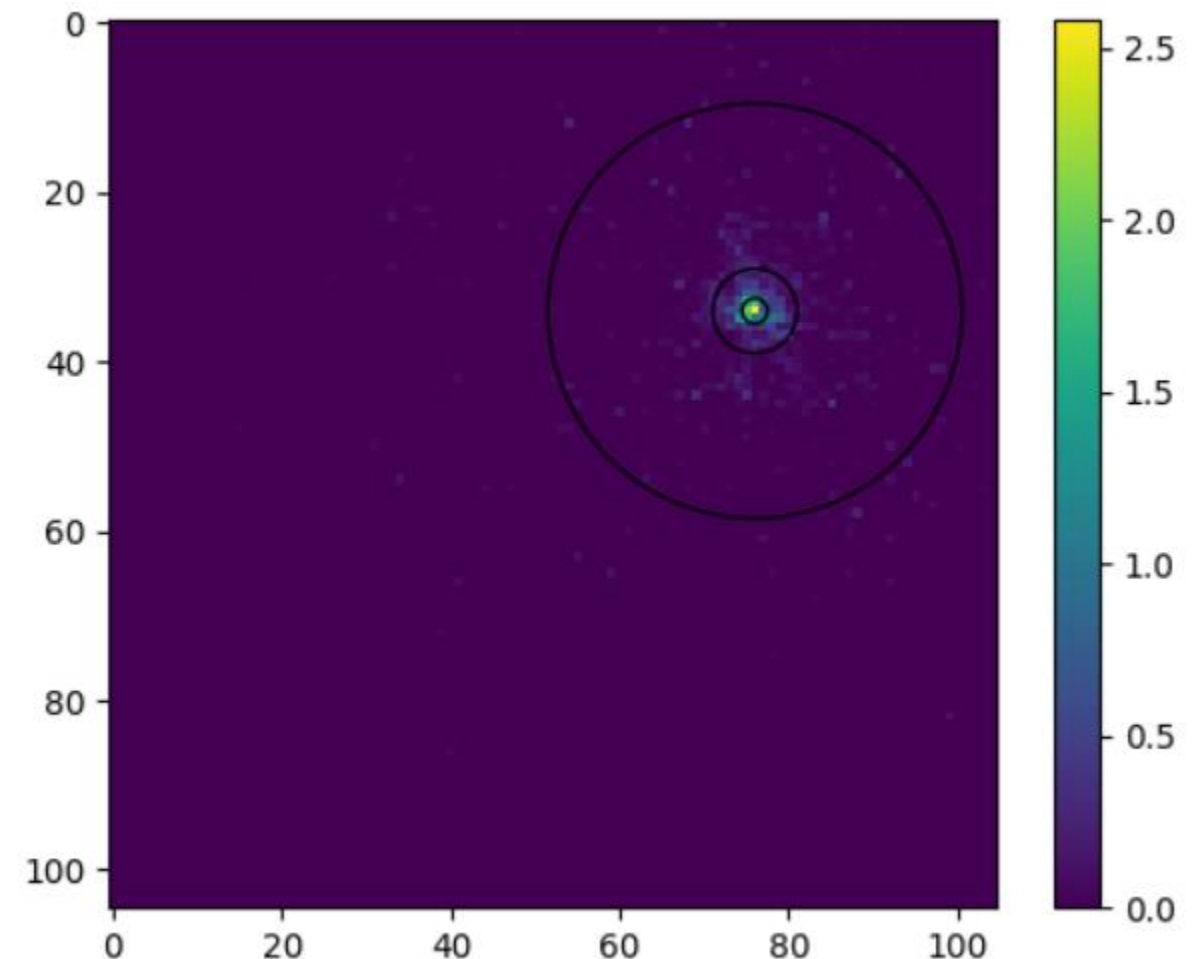
- Dystans pomiędzy referencyjnym oraz symulowanym centrum rozbłysku - trafność symulacji miejsca rozbłysku.
 - Zweryfikowane podejścia: centrum masy, punkt z największą jasnością.



Metryki dla symulacji detektora FoCal

- Promień okręgu, w którym zawiera się $n\%$ (np. 90%, 20%) całkowitej energii - trafność symulacji kształtu rozbłysku.

Trzy okręgi – zawierające 90%, 50%, 10% energii.



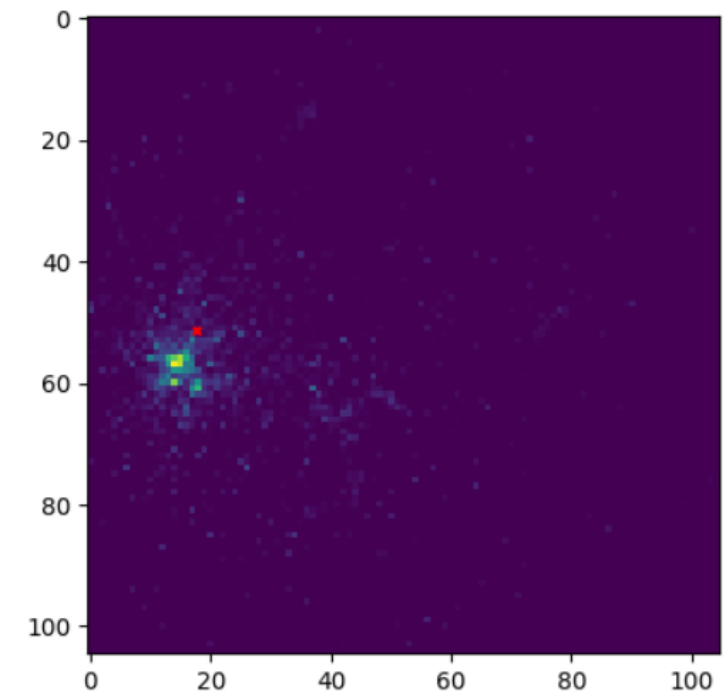
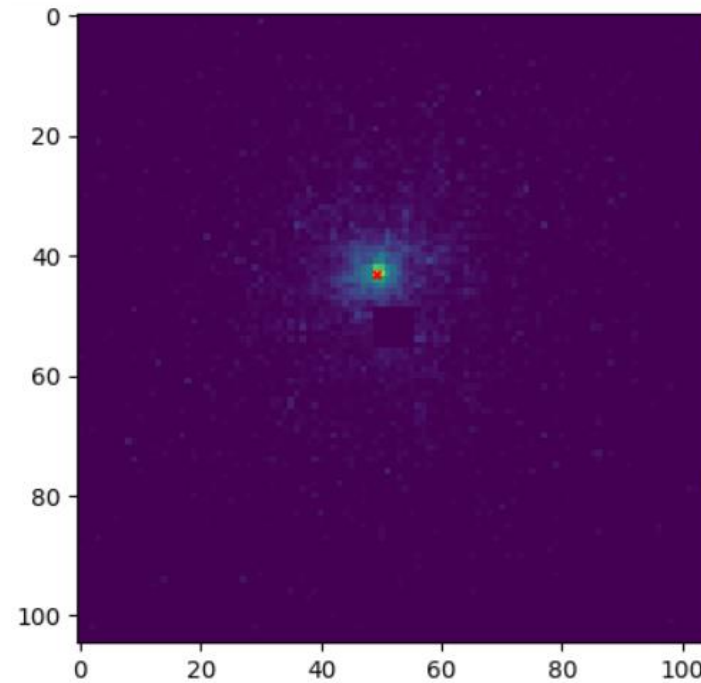
Podjęcie inspirowane teorią

- Dodatkowy element funkcji kosztu: dystans między symulowanym i oczekiwanym centrum rozbłysku.

$$x = z \cdot \tan(2 \arctan(e^{-\eta})) \cdot \cos \phi$$

$$y = z \cdot \tan(2 \arctan(e^{-\eta})) \cdot \sin \phi$$

Zaznaczone oczekiwane centra rozbłysku na tle odpowiedzi detektora (obrazy oryginalne).





Plan prac

- Implementacja metryk - dokończenie.
- Uzyskanie większego zbioru danych, zawierającego kilka odpowiedzi detektora dla każdego wektora wejściowego.
- Sprawdzenie różnych modeli (GAN, VAE, dyfuzja, ...) i ich wersji.
- Porównanie podejścia "zwykłego" oraz wykorzystującego człon *theory-inspired*.