

ALFARD

Instalacja danych o aparatach

Wstęp	1
Definiowanie nazw aparatów	1
Matematyczny opis aparatu terapeutycznego.....	2
Opis aparatu fotonowego	3
Opis aparatu elektronowego.....	3
Technika definiowania aparatu	3
Trójkątne tabele Kxy	6
Funkcje profilu	7
Założenia:.....	7
Opis nagłówka do ALFARDA.....	8
Odczytanie pomiarów	8
Opracowanie pomiarów pól otwartych	8
Tworzenie nagłówka	11
Opracowanie pomiarów pól z klinami	11
Korekta osi skanu z klinem	12
Profile elektronowe	12
System ALFARD specyfikacja pomiarów	13

Wstęp

Poniższy tekst powinni dokładnie przeczytać nowi użytkownicy Systemu Planowania Leczenia (TPS) Alfard. Zrozumienie sposobu konfigurowania bazy informacji pomiarowych o urządzeniach terapeutycznych wymaga przyswojenia pojęcia ukrytego pod nazwą Aparat Terapeutyczny.

Nazwę aparatu należy rozumieć jako komplet informacji bezpośrednio związanej z konkretnym fizycznym aparatem terapeutycznym.

Głównym czynnikiem decydującym o ilości i budowie wirtualnych aparatów są możliwości systemu planowania, który musi matematycznie opisać całą jednostkę logiczną (warunek napromieniania) i to jest pierwszy główny czynnik powodujący konieczność wyodrębnienia logicznych warunków napromieniania (wirtualnych aparatów terapeutycznych). Drugi czynnik jest w gestii użytkownika bo to on musi podzielić możliwości jednego aparatu uwzględniając zewnętrzną czytelność w czasie planowania. Ścisła definicja logicznego aparatu (warunku napromieniania) jest trudna a może wręcz niemożliwa bo jest to pojęcie, które buduje użytkownik systemu dla swoich potrzeb i wygody. Ponad dziesięcioletnia praktyka wykazała, że jeden fizyczny aparat dzielimy na logiczne jednostki. Od tej reguły mogą być wyjątki i nie należy ich wykluczyć. Koncepcja zawarta w oprogramowaniu daje dużą dowolność o czym można się przekonać po zdefiniowaniu pierwszego aparatu logicznego dlatego teraz bez wnikania w teorię zachęcam do zapoznania się z dalszą częścią opisu.

Definiowanie nazw aparatów

Pierwszym naszym zadaniem jest podzielenie jednego fizycznego aparatu na kilka logicznych warunków napromieniania a potem opisanie ich liczbami i opisami. Dobrym i jasnym przykładem jest rozdzielenie przyspieszacza liniowego według typu promieniowania czyli fotony i elektrony np.:

- Unit-fotony
- Unit-elektrony

Dalszym logicznym krokiem jest rozdzielanie energii elektronów np.:

- -6MeV
- -8MeV
- -10MeV

Kolejnym może być stworzenie osobnych aparatów dla różnych SSD np.:

- -100cm
- -110cm

Jeżeli aparatem jest Neptun to powyższy przykład prowadzi do powstania 7 logicznych jednostek:

1. Neptun Fotony
2. Neptun Elektrony 6 MeV SSD 100cm
3. Neptun Elektrony 8 MeV SSD 100cm
4. Neptun Elektrony 10 MeV SSD 100cm
5. Neptun Elektrony 6 MeV SSD 110cm
6. Neptun Elektrony 8 MeV SSD 110cm
7. Neptun Elektrony 10 MeV SSD 110cm

Takie lub podobne podziały powinny wynikać z:

- wniosków jakie są wynikiem analizy pomiarów
- technik napromieniania jakie będą stosowane dla pacjentów

Definicje warunków muszą być kompromisem warunków wewnętrznych i zewnętrznych. Czynniki wewnętrzne to możliwości systemu a zewnętrzne to logicznym porządek pozwalający planować pacjentów.

Pomiary mogą udowodnić, że konieczne jest osobne opisanie np.: bomby kobaltowej, która jest wyposażona w trymery kolimujące umieszczone w odległości SDD=45cm i SDD=55cm.

Techniki napromieniania i warunki geometryczne związane z kolimatorem, stołem i promieniem izocentrum mogą wymusić podział jaki zaprezentowano dla promieniowania elektronowego bo okazało się, że „fabryczne” zalecane SSD jest nieodpowiednie aby napromienić elektronami w okolicy głowy i szyi (przeszkadzają trymery) i trzeba stosować większą odległość. Zastosowanie większej (innej) odległości dla warunku FOTONY nie prowadzi do błędów ale dla wiązki elektronowej powoduje przekroczenie granicy tolerancji.

Matematyczny opis aparatu terapeutycznego

Skupimy się teraz na analizie i wyszczególnieniu danych jakie opisują aparat terapeutyczny w zdefiniowanym wcześniej rozumieniu logicznym.

W celu ułatwienia dalszego opisu i nie bez znaczenia dla zrozumienia tego materiału będzie wstępny podział na parametry:

- Opisane funkcją lub tabelą
- Współczynniki liczbowe
- Dane opisowe
- Dane geometryczne

- Dane logiczne

Mogą występować w kombinacjach. Oczywiście jest kombinacja opis-współczynnik lub funkcja-współczynnik czyli współczynnik wynikający z funkcji.

Funkcje tablicowe zewnętrznie reprezentowane są nazwą i opisem co powinno znacznie ułatwiać kontrolę i zwiększać zaufanie co do wyników.

Wydaje się, że jest oczywiste rozróżnienie opisu aparatu, który generuje wiązkę fotonową w odróżnieniu od aparatu, który generuje wiązkę elektronową.

Opis aparatu fotonowego

Teraz zajmiemy się aparatem pierwszego typu czyli wiązką fotonową.

Po nadaniu nazwy musimy określić dane konfiguracyjne:

- TPR – funkcja reprezentowana nazwą
- C(S) – funkcja reprezentowana nazwą
- Filtry klinowe
- Tacki
- Funkcje profilu

Dane liczbowe:

- moc dawki standardowej
- SSD dozowania
- głębokość dozowania jaka wynika z TPR – tylko kontrola
- TPR 20/10 z funkcji TPR – tylko kontrola
- Czas martwy
- odległość tacy od źródła
- promień obrotu (IZOcentrum) aparatu
- w jakiej odległości skala określa pole

Opis aparatu elektronowego

- moc dawki standardowej
- SSD dozowania
- głębokość MAX dawki = gł. dozowania
- głębokość dawki 50% R50
- dawka na skórę Dsk
- zasięg praktyczny Rp
- dawka na dużej głębokości, tło
- źródło wirtualne
- parametr półcienia
- promień obrotu (IZOcentrum) aparatu
- w jakiej odległości skala określa pole
- Trójkątne tabele Kxy

Technika definiowania aparatu

Minimalna ilość kroków aby zainicjować instalację dla nowych aparatów terapeutycznych w nowym ośrodku radioterapii tutaj określane jako **miasto**.

1. Wybieramy miasto (menu: *Setup/Select city install data*)
2. Definiujemy nową funkcję C(S) w bibliotece funkcji (menu: *Setup/EditUNITSdata/functions library/user defined C(S)*)

3. Definiujemy nowy aparat terapeutyczny (menu: *Setup/EditUNITSdata/Name TPR C(S)*)

Są to trzy konieczne kroki aby powstały odpowiednie foldery i pliki.

Funkcje C(S) są do zdefiniowania tylko w postaci tabel i dlatego trzeba je wcześniej przygotować aby można je później wybrać w czasie definiowania aparatu.

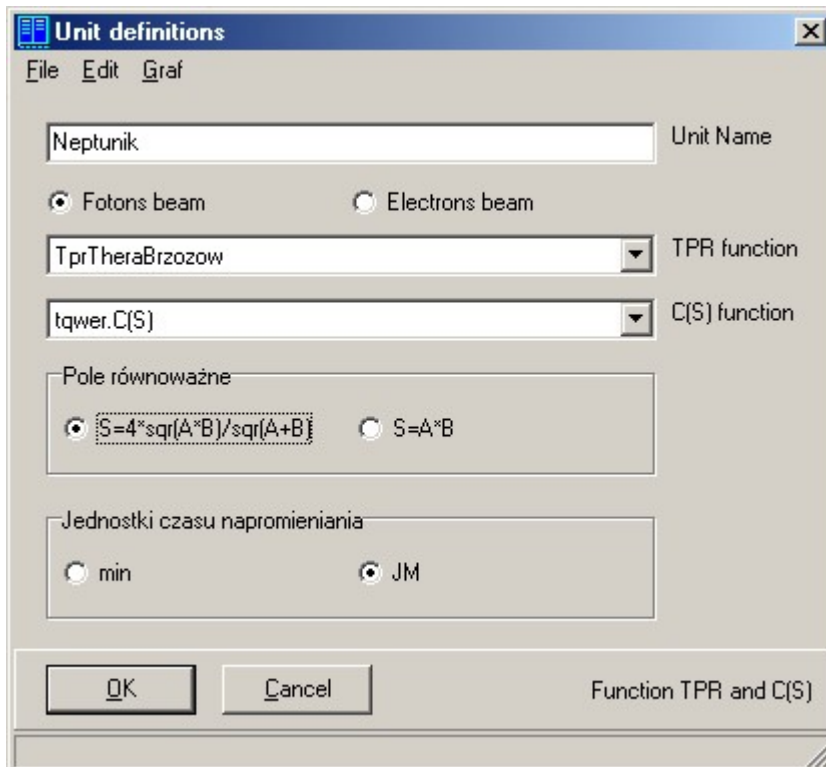
Definiowanie C(S) umożliwia formatka:



Boki [cm]:	0x0	5x5	10x10	15x15	20x20	25x25	30x30	35x35	40x40
Współczynnik:	0.0000	0.8697	1.0000	1.0722	1.1244	1.1688	1.2012	1.2233	1.2342

Aby wykonać pierwsze obliczenie należy jeszcze określić wydajność aparatu i pozostałe jego parametry w menu: *Setup/Edit UNITS data/parameters Dst,SSDst, Gst*

Definiowanie nazwy aparatu, typu, funkcji TPR i C(S), sposobu obliczania pola równoważnego i jednostek czasu:



Dla ELEKTRONÓW jako **TPR function** należy zawsze wybrać **EleFun**.

Dostosowanie parametrów pomiarowych aparatu terapeutycznego polega na wybraniu odpowiednich funkcji z listy/biblioteki funkcji jakie wcześniej zostały przygotowane. Część funkcji TPR to analityczne wzory zaszyte w programie, które w większości opracował Zbyszek Maniakowski. Spis funkcji zawiera również definiowane liczbowe tabele.

Definiowanie tabeli umożliwia następująca formatka:

1) Definiowanie nowej tabelarycznej funkcji TPR

The screenshot shows a window titled "Theratron izo100" with a menu bar (File, Edit, Fix) and a table of data. The table has columns for field sizes (5x5, 10x10, 15x15, 20x20, 25x25, 30x30, 35x35, 40x40) and rows for depths (0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 25). The values represent the TPR for each combination of field size and depth.

głęb\Bok	5x5	10x10	15x15	20x20	25x25	30x30	35x35	40x40
0	0.925	0.954	0.949	0.918	0.942	0.965	1.014	1.014
0.1	1.03	1.031	1.041	1.013	1.035	1.045	1.058	1.058
0.2	1.166	1.118	1.101	1.076	1.067	1.066	1.059	1.059
0.3	1.202	1.138	1.111	1.093	1.076	1.068	1.058	1.053
0.4	1.204	1.144	1.118	1.094	1.075	1.067	1.056	1.051
0.5	1.201	1.143	1.116	1.093	1.076	1.066	1.058	1.051
0.6	1.199	1.144	1.116	1.094	1.077	1.068	1.06	1.052
1	1.185	1.132	1.109	1.088	1.075	1.065	1.059	1.051
2	1.149	1.101	1.088	1.072	1.062	1.057	1.049	1.045
3	1.102	1.074	1.063	1.052	1.044	1.044	1.035	1.031
4	1.051	1.035	1.032	1.023	1.022	1.019	1.019	1.015
5	1	1	1	1	1	1	1	1
10	0.758	0.799	0.827	0.842	0.857	0.869	0.878	0.885
15	0.558	0.615	0.655	0.686	0.709	0.731	0.747	0.759
20	0.407	0.459	0.503	0.539	0.569	0.593	0.612	0.628
25	0.294	0.341	0.381	0.414	0.446	0.472	0.493	0.511

Tabelę można odczytać z pliku tekstowego.

Aby nowa funkcja TPR opisana tą tabelą pojawiła się w spisie funkcji TPR wystarczy zapisać ją na dysk (menu File.save) funkcji należy nadać nazwę i opis.

Po zdefiniowaniu nowego miasta tworzony jest przykładowy plik profili z jedną funkcją przykładową. Umożliwia to sprawdzenie poprawności definicji aparatu i wykonania obliczenia testowego. Plik z funkcją profilu należy szukać w folderze:

UnitData\CITY\Prof\CITY.DAT gdzie:

CITY to nazwa miasta np. Opole

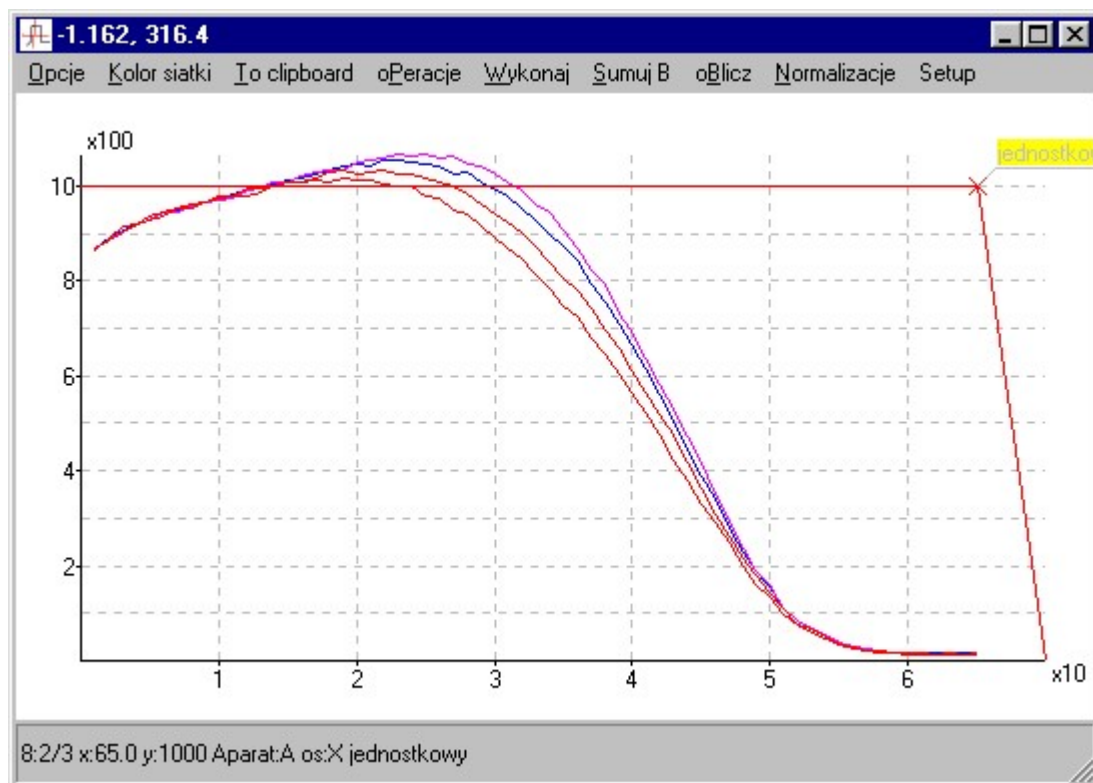
Inne ważne foldery jakie aktualnie są wykorzystywane, można wyświetlić w menu: Setup/Folders info

Trójkątne tabele Kxy

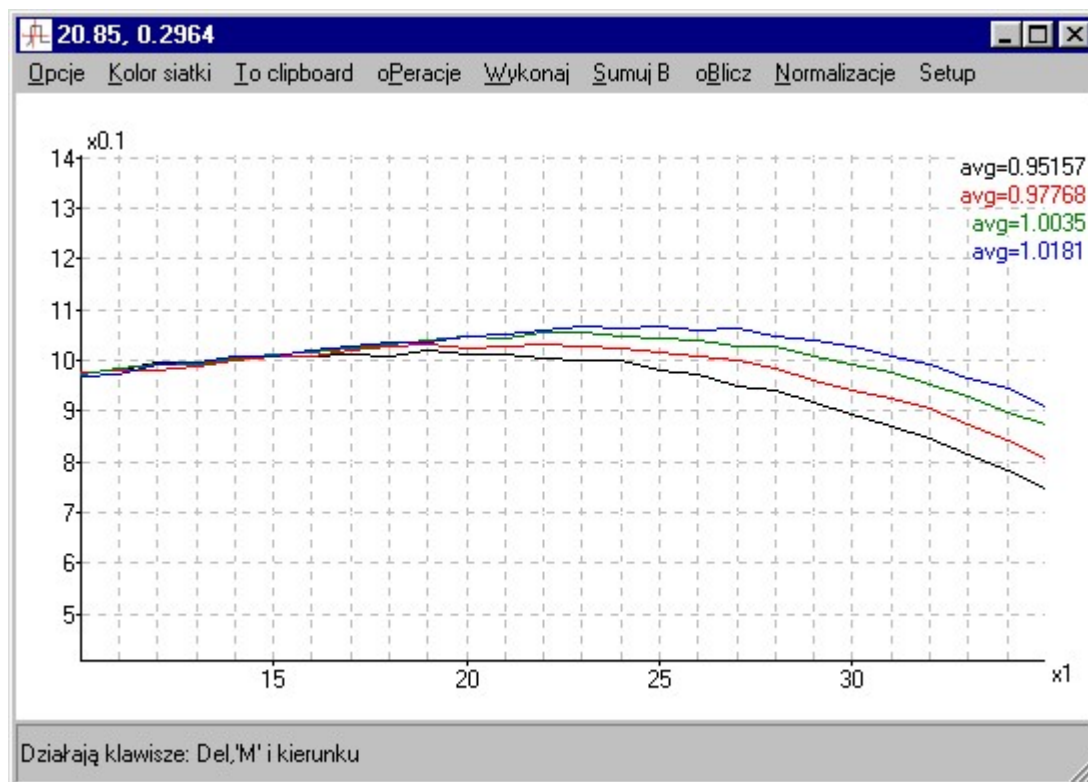
Obliczanie całki / średniej ze spadków dawki elektronowej w celu wyznaczenia współczynników Kxy.

Wczytujemy pomiary bezwzględne (wykonane jedną sondą metodą step by step)

Generujemy skan jednostkowy na rysunku został pomnożony przez x1000 aby był widoczny.



Teraz z menu: **wykonaj** wybieramy **dzielenie skanów** i tu zaznaczamy interesujący nas zakres głębokości uśredniania / całkowania dla przedstawionego przypadku może to być od 10 do 35 mm



Wynik czyli wartość średnia całkowanego zakresu głębokości wpisywana jest do opisu Edytujemy opis, który może wyglądać tak:

avg=0.95157

avg=0.97768

avg=1.0035

avg=1.0181

robimy transpozycję:

0.9516 0.9777 1.004 1.018

i tak wiersz po wierszu wrzucamy np. do Excela w celu przygotowania trójkątnej tabeli współczynników Kxy

Zweryfikowaną graficznie trójkątną tabelę operacjami Cut-Past (Ctrl-C i Ctrl-V) z excela przenosimy do bibliotek Alfarda.

Funkcje profilu

Założenia:

Poniżej znajduje się dokumentacja tworzenia bazy danych profili pomiarowych dla potrzeb systemu planowania © Alfard.

Podstawowe założenie to pewność, że pomiary zostały wykonane w czasie, kiedy aparat terapeutyczny jest sprawny i pracuje w docelowych warunkach eksploatacyjnych.

Poniższy opis dotyczy najnowszej (maj 2002) wersji bazy danych profili, który jest obowiązujący do odwołania.

Baza danych profili pomiarowych zawiera informacje opisujące dawkę w funkcji odległości od osi wiązki

w tym : numer aparatu, odległość SSD pomiaru, numer klina, bok czynny minimalny, bok czynny maksymalny, bok bierny minimalny, bok bierny maksymalny obowiązujący tego skanu oraz bok czynny pomiarowy i głębokość pomiaru.

Baza profili dla danego aparatu terapeutycznego zapisywana jest w jednym pliku tekstowym o nazwie zgodnej z nazwą aparatu i o rozszerzeniu nazwy "profiles" np. "Mevatron X 6MV.profiles"

Opracowanie pomiarów następuje specjalnie do tego celu przygotowanym programem DVPP.EXE

Oś **X** oznacza pomiar wzdłuż boku czynnego pola

Oś **Z** oznacza pomiar wzdłuż boku biernego

Oś **Y** oznacza pomiary spadku dawki

Maksymalna ilość punktów pomiarowych jednego skanu nie może przekraczać 100

Wartość funkcji profilu w osi powinna być zawsze jednostkowa (tutaj jest to 1000)

Połowa wysokości profilu wiązek otwartych pól fotonowych powinna być dokładnie dla odciętych +/- 100 od osi.

Podane umowne wartości: wysokość jednostkowa 1000 oraz jednostkowa szerokość półwiązki 100 należy uzupełnić jeszcze o wartość 200, która jest przyjęta jako oś fantomu (taka była dla historycznego już pierwszego automatycznego fantomu FT04)

Opis nagłówka do ALFARDA

W celu opisanego skanu, każdy zawiera specjalną sekcję, która jest sekwencją znaku i siedmiu liczb rozdzielonych spacjami np.:

N 6 110 0 37 42 2 42 Mevatron BOK=40

Oznacza:

N lub R nierówne lub równe odstępy punktów pomiarowych skanu

6 lub inny to numer aparatu

110 lub inne odległość SSD pomiaru

0 pole otwarte 1, 2 lub inny numer klina

37 bok czynny minimalny

42 bok czynny maksymalny obowiązujący tego skanu

2 bok bierny minimalny

42 bok bierny maksymalny obowiązujący tego skanu

Kolejne znaki nagłówka mogą być dowolnym opisem jednak zalecane jest umieszczenie tam nazwy aparatu i konieczności boku sekwencją np.: BOK=11

numer aparatu i numer klina muszą być liczbami całkowitymi

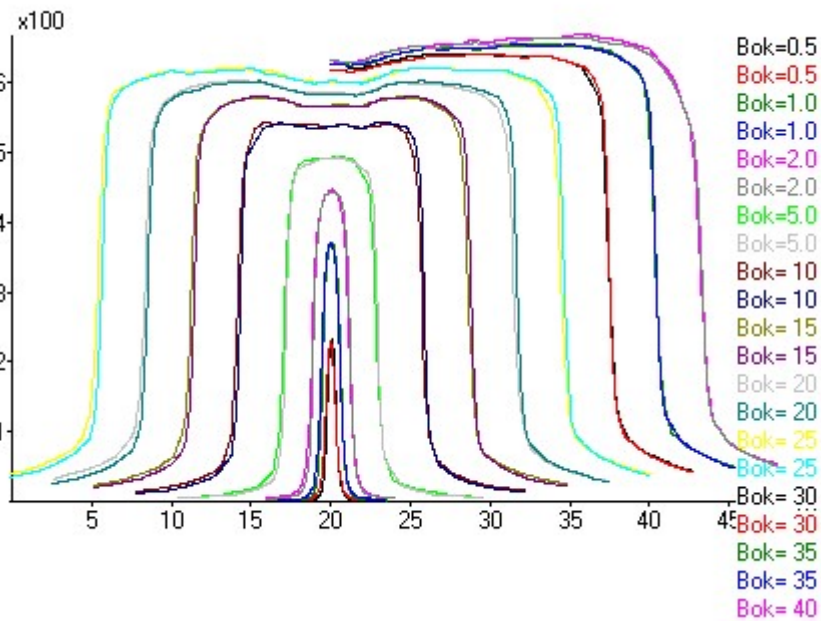
Prefiksem każdego nagłówka ale już w pliku bazy jest sekwencja X x y z lub Z x y z co oznacza typ skany czy "inplan" czy "crosplan" względem pola wiązki promieniowania a "x y z" to przestrzenne współrzędne punktu startowego skanu. Z tych danych aktualnie wykorzystywana jest głębokość pomiaru profilu, która tutaj występuje jako y i jest w [mm].

Odczytanie pomiarów

Pomiary pozyskujemy z plików FT04 lub przez import plików z innych fantomów pomiarowych. Importując dane z innych fantomów może wystąpić problem określenia, który z boków pola jest czynnym, a który biernym. Zalecane jest przetestowanie sposobu ustawiania boków pól prostokątnych przed przystąpieniem do pomiarów.

Opracowanie pomiarów pól otwartych

Rysunek przedstawia surowe pomiary bezwzględne aparatu Mevatron, profile wykonano na głębokości 5cm w osi X i Z. Dla boków 30, 35 i 40 cm fantom został przesunięty tak aby można było wykonać pomiar połówki profilu.

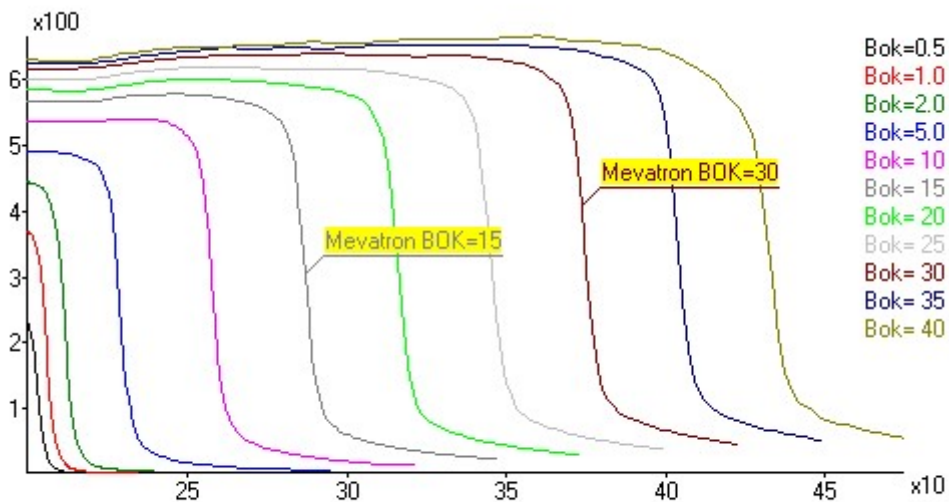


Pierwszy krok to sumowanie profili tego samego pola dla osi X i Z

Następny to centrowanie ale tylko pełnych profili

Kolejny to złożenie

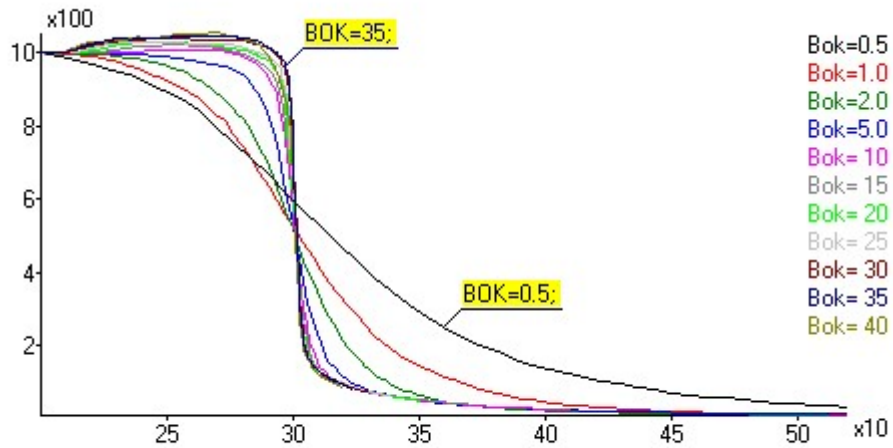
W efekcie otrzymamy przygotowane do normalizacji profile pomiarowe wstępnie wygładzone w czasie operacji sumowania.



Teraz normalizujemy normalizacją:

- X/X_0 aby uzyskać jednakową szerokość
- Do punktu w osi aby uzyskać jednakową wysokość w osi

Następnie usuwamy punkty których odcięta przekracza wartość 520 w wyniku powinniśmy otrzymać profile podobne do tych z rysunku



Teraz należy sprawdzić:

- czy wszystkie profile zaczynają się w punkcie (200,1000), jeżeli pierwsza odcięta skanu jest różna od 200 to wykonujemy sumowanie B skanu
- czy wszystkie profile zaczynają się w punkcie (200,1000), jeżeli pierwsza rzędna skanu jest różna od 1000 to wykonujemy normalizację do punktu
- czy przecinają się w okolicach punktu (300,500), jeżeli nie to sprawdzić poprawność boków w czasie pomiaru i normalizacji X/X_0
- sprawdzamy czy ilości punktów pomiarowych skanu nie przekracza 100
- czy boki pola widoczne w spisie są prawdziwe
- czy oś jest ustawiona na X
- czy SSD jest prawidłowo podane
- czy numer klina jest właściwy
- czy nr aparatu jest zgodny z tym jaki definiujemy w ALFARD

Tworzenie nagłówka

Edytujemy opisy skanów w tym wykonujemy:

- czyszczenie opisów
- wstawienie nazwy aparatu np Mevatron
- wstawienie boku
- wstawienie nagłówka do ALFARDA-a, tu bok czynny min i max ustalamy z marginesem czyli zamiast pomiarowego boku minimalny 0.5 cm wstawiamy 0.2 cm a zamiast pomiarowego boku maksymalnego 40 cm wprowadzamy 42

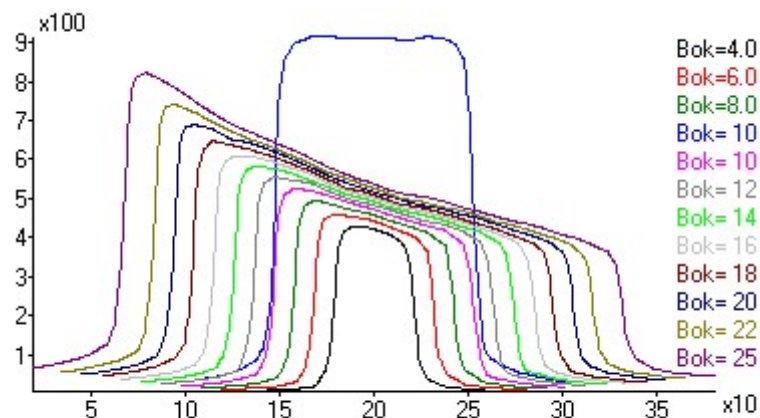
przykładowa treść opisów pomiarów po wstawieniu nagłówków dla ALFARDA powinna być następująca:

```
N 6 110 0 0.2 0.75 0.2 42 Mevatron BOK=0.5
N 6 110 0 0.75 1.5 0.2 42 Mevatron BOK=1
N 6 110 0 1.5 3.5 0.2 42 Mevatron BOK=2
N 6 110 0 3.5 7.5 0.2 42 Mevatron BOK=5
N 6 110 0 7.5 12.5 0.2 42 Mevatron BOK=10
N 6 110 0 12.5 17.5 0.2 42 Mevatron BOK=15
N 6 110 0 17.5 22.5 0.2 42 Mevatron BOK=20
N 6 110 0 22.5 27.5 0.2 42 Mevatron BOK=25
N 6 110 0 27.5 32.5 0.2 42 Mevatron BOK=30
N 6 110 0 32.5 37.5 0.2 42 Mevatron BOK=35
N 6 110 0 37.5 42 0.2 42 Mevatron BOK=40
```

Tak został przygotowany komplet minimalny opisujący pola otwarte. W celu uzyskania większych dokładności obliczeniowych należy wykonać identyczne operacje dla innych głębokości.

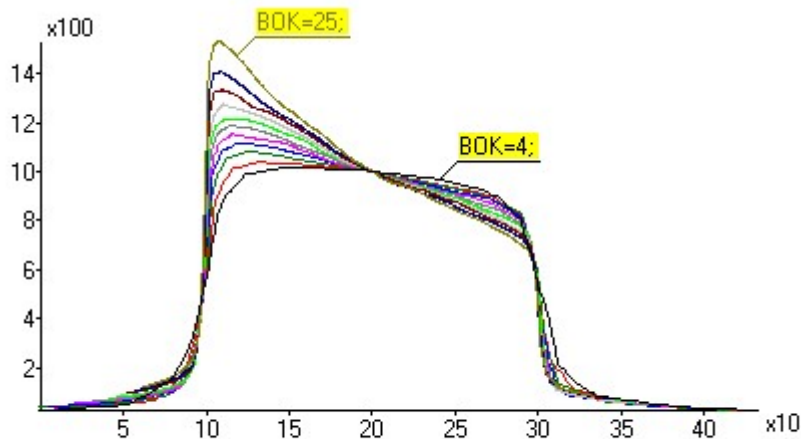
Opracowanie pomiarów pól z klinami

Po wczytaniu pomiarów profili dla jednego klina powinniśmy otrzymać przedstawiony niżej na rysunku obraz



Dla boku 10cm widać dodatkowy profil pola otwartego, który będzie potrzebny dla ewentualnego przesunięcia profili. Przedstawione pomiary są dla aparatu Mevatron, są wykonane metodą "step by step" jedną sondą i jak widać nie wymagają zabiegu wygładzania dlatego można przystąpić do normalizacji w celu uzyskania jednakowej szerokości i jednakowej wysokości w osi wiązki.

Następnie usuwamy punkty których odcięta przekracza wartość 520 lub jest mniejsza niż -120 w wyniku powinniśmy otrzymać profile podobne do tych z rysunku

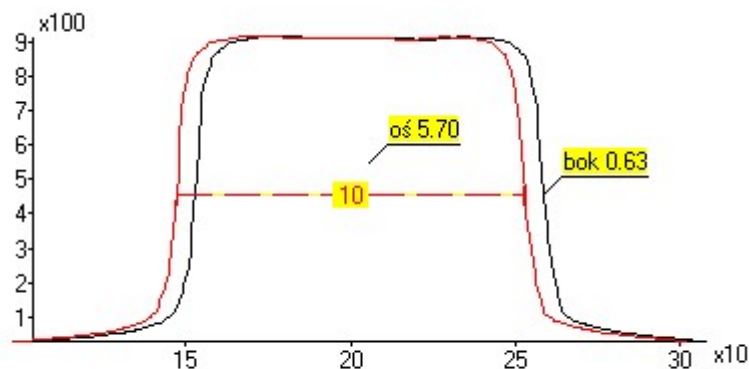


Teraz podobnie jak dla profili pól otwartych wstawimy nagłówki dla ALFARD-a

Należy zwrócić uwagę na bardzo istotny problem jakim jest położenie punktu centralnego wiązki promieniowania. Tolerancja błędu 1mm jest graniczną dopuszczalną. Dokładne wyznaczenie położenia osi skanu pomiarowego jest możliwe tylko dla pola otwartego dlatego zalecane jest wykonywanie kilku pomiarów pola otwartego w czasie wykonywania pomiarów pól z klinem. Te dodatkowe pomiary pozwolą skorygować niedokładności ustawienia i sprawdzić czy położenie fantomu nie uległo zmianie.

Korekta osi skanu z klinem

Pierwszą czynnością, jaką należy wykonać po wczytaniu danych pomiarowych profili pól z klinami jest korekta osi wiązki. Przykład pokazuje niedopuszczalny w praktyce błąd osi 5.7mm tu potrzebny aby rysunek był czytelny.



Wykorzystując operację centrowania sprawdzamy (przykład z rysunku) przesunięcie osi skanu pola otwartego. Wynik wskazuje że fantom był ustawiony z błędem 5.7mm. W celu skorygowania tego błędu należy zaznaczyć wszystkie skany i przesunąć oś odciętych o minus 5.7mm. W ten sposób korygujemy oś profili pól z klinami. Od tego momentu nie możemy już wykonywać operacji, które mogłyby przesunąć skan.

Profile elektronowe

Sposób postępowania powinien być identyczny jak dla fotonowych pól otwartych. Należy zwrócić uwagę na istotne tutaj zmiany półcienia z głębokością. W czasie przygotowywania tych profili należy wykonać wyznaczenie i zanotować wartości półcienia. Półcienie stanowią podstawę wyznaczenia pomiarowego współczynnika półcienia, który jest niezbędny do obliczanie wiązek elektronowych bazując na jednym profilu zmierzonym na głębokości dawki maksymalnej.

Obecnie algorytm obliczeniowy sprawdza ile jest w bazie profili dla danego wymiaru pola i jeżeli jest więcej niż jeden wtedy rezygnuje z stosowania parametru półcienia i wykorzystuje dane z tych profili.

System ALFARD specyfikacja pomiarów

W celu uruchomienia obliczeń, należy wykonać następujące pomiary dla każdego aparatu:

Pomiary parametrów funkcyjnych za pomocą automatycznego fantomu pomiarowego:

1. Pomiary spadków dawki w osi aparatu dla pól otwartych
 - od pola minimalnego do maksymalnego co 5 cm,
 - Głębokość od 0 do 40cm
2. Pomiary profili wiązki promieniowania
 - Dla pól otwartych:
 - od pola minimalnego do maksymalnego co 5 cm,
 - Głębokość: 5 i 15 cm oraz głębokość w okolicach dawki maksymalnej
 - Dla pól z filtrami klinowymi:
 - od pola minimalnego do maksymalnego co 1 cm,
 - Głębokość: 5 i 15 cm oraz głębokość w okolicach dawki maksymalnej
 - Dla pól elektronowych:
 - Pola: co 1cm dla pól o wymiarach mniejszych niż $2 \cdot R_p$ potem co 2 cm do 16 cm następnie 20,25,30 itd
 - Głębokość: ok. 0.5 cm potem w okolicach głębokości dawki maksymalnej i na głębokości R50

Pomiary punktowe za pomocą komory jonizacyjnej i dozymetru:

- Pomiary parametru TPR 20/10 dla wiązek fotonowych
- Pomiary współczynników pola dla fotonów (pola kwadratowe)
- Pomiary współczynników klinów
- Pomiary współczynników płytek do osłon
- Pomiary współczynników pola dla elektronów – trójkątne tabele Kxy

Zalecenia:

Wykonując pomiary fantomem WP700 zalecany jest pomiar jedną sondą metodą **step-by-step** przy stałym wzmocnieniu.