

Artur Jan Milicki

Akumulacyjny Piec Rakietowy --instrukcja budowy--

Niniejsza publikacja została opracowana
na potrzeby Akademii Bosej Stopy
i jest licencjonowana na zasadach:

Creative Commons: Uznanie autorstwa 3.0

<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/pl/>

Więcej informacji, oraz pełna lista materiałów edukacyjnych Akademii Bosej Stopy:

www.mamaziemia.pl/materialy-edukacyjne/

Akademia Bosej Stopy 2014

www.MamaZiemia.pl

Wstęp

Gdy w maju 2012 roku przystępowałem do budowy pierwszego akumulacyjnego pieca rakietowego nie miałem żadnego doświadczenia w zduństwie. Przygotowałem się do tego teoretycznie, ucząc się z internetu. Obejrzałem mnóstwo filmów, czytałem anglojęzyczne fora internetowe oraz dokładnie przestudiowałem książkę Ianto Evansa i Leslie Jackson pt: "Rocket Mass Heaters". To na początek wystarczyło. Doświadczenie przyszło później.

W ciągu dwóch kolejnych lat kierowałem budową 8 niskobudżetowych akumulacyjnych pieców rakietowych bazując na zaleceniach z książki. Koszty materiałowe każdego z nich mieściły się w kwocie 250 zł, gdyż w dużej mierze były one stawiane z materiałów dostępnych lokalnie (glina, kamień, piasek), recyklingowych (rury beczki, blachy, popiół drzewny, butelki, tłuczeń szklany), i porozbiórkowych (cegły szamotowe, cegły zwykłe, gruz). W towarzystwie dwóch takich pieców, razem z moją żoną Kasią i dwójką dzieci spędzamy już drugą długą zimę na mazurskiej wsi. Każdy z 8 pieców był trochę inny, w każdym coś innego testowałem, a w międzyczasie poznawałem coraz więcej tajników zduństwa. Z praktyki wiem już jakie są zalety i wady tych pieców. Wiem czego można się po nich spodziewać, jak je modyfikować i dostosowywać do różnych potrzeb oraz jak prawidłowo je użytkować. Zduństwo coraz bardziej mnie fascynuje, a technologia pieca rakietowego jako otwarty projekt nad którym pracuje wielu konstruktorów z całego świata, staje się coraz bardziej efektywna, wydajna i atrakcyjna wizualnie. To wszystko zachęca mnie do pogłębiania mojej zduńskiej praktyki i wiedzy. Mam nadzieję, że to opracowanie zachęci również Ciebie do samodzielnej budowy pieca rakietowego.

Jeśli po przeczytaniu tego materiału będziesz miał jakieś pytania, sugestie, uwagi, zapraszam Cię do kontaktu poprzez mój blog: www.ekowioska.wordpress.com.

Co to jest piec rakietowy?

Każdy piec, którego palenisko połączone jest z zaizolowaną pionową komorą spalania, zwaną podnośnikiem ciepła (ang. heat riser) można określić mianem pieca rakietowego. Temperatura w podnośniku ciepła może w zależności od konstrukcji i sposobu izolacji wynosić do 800 do 1200° C, co sprawia, że paleniska te mogą wykazywać się dużą efektywnością spalania gazu drzewnego, który w przypadku wielu prostych, konwencjonalnych palenisk zostaje w dużej mierze wydalany przewodem kominowym.

Efektywność pieca rakietowego

Gdy temperatura spalania drewna (lub innej biomasy) przekroczy 700° C, następuje proces utlenienia pierwiastków węgla i wodoru. Wynikiem tego jest powstanie tlenku i dwutlenku węgla (CO i CO_2) oraz pary wodnej (H_2O). Im wyższa temperatura panuje w palenisku i podnośniku ciepła, tym większy jest potencjał spalania tych gazów. Efektywność spalania gazów można zwiększyć stosując doprowadzenie podgrzanego powietrza wtórnego do górnej części paleniska, oraz przez odpowiedni kształt paleniska wywołujący wirowy ruch spalanych gazów.

Efektywność spalania gazów w prawidłowo zbudowanym piecu rakietowym może wynosić od 75 do 95% i jest ona uzależniona od szczegółów konstrukcyjnych paleniska, podnośnika ciepła, oraz właściwej obsługi pieca. Dla porównania efektywność spalania gazów w prostych, otwartych kominkach wynosi zaledwie 10%. Oprócz pieców rakietowych efektywność spalania na poziomie 80% uzyskują też nowoczesne piece, kotły i kominki o porządnym standardzie z regulacją nadmuchu powietrza pierwotnego i wtórnego. Efektywność powyżej 90% osiągana jest natomiast przez zaawansowane kotły z pełnym sterowaniem niezależnymi źródłami powietrza pierwotnego i wtórnego, tak by odpowiednio je podawać w różnych fazach spalania.

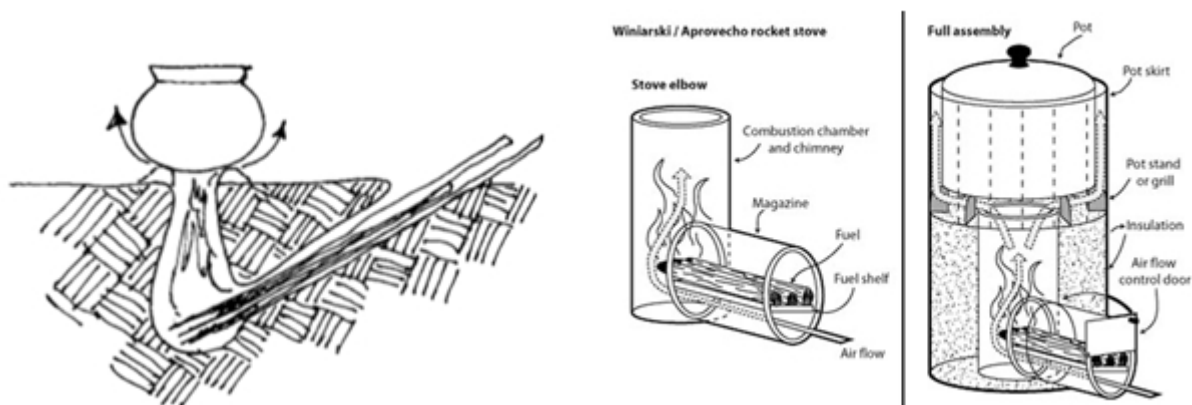
Piec rakietowy jest zatem stosunkowo prostą i łatwą do samodzielnego wykonania konstrukcją, która efektywnością spalania gazów dorównuje najbardziej zaawansowanym współczesnym technologiom grzewczym.

Historia pieca rakietowego

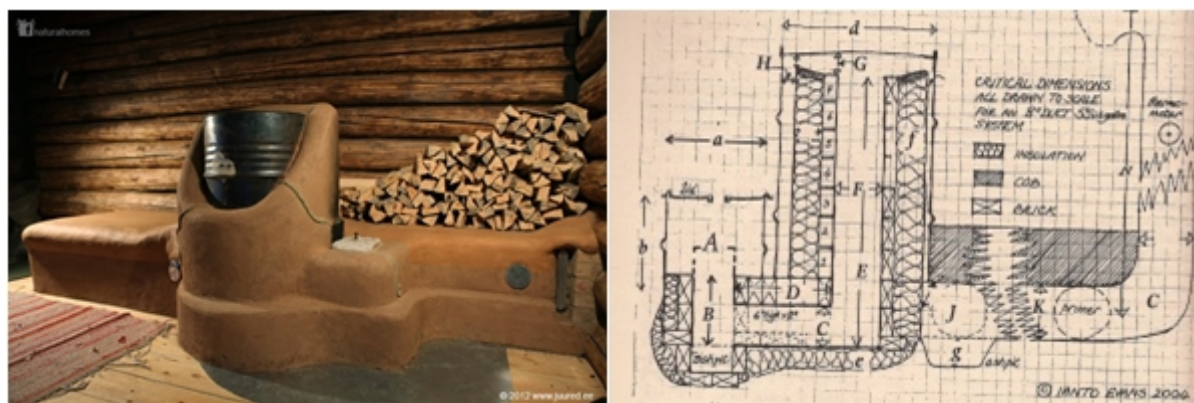
Protoplastami paleniska rakietowego są różnego rodzaju proste ziemne piece z odpowiednio wydrążonymi kanałami, które służyły najczęściej do przyrządzania posiłków. Znaleźiska archeologiczne i badania etnologiczne potwierdzają stosowanie takich piecyków w wielu kulturach pierwotnych zarówno w historii jak i obecnie.

W latach 70 XX wieku dr Larry Winiarski z Aprovecho Research Center (<http://www.aprovecho.org>) opracował proste, zaizolowane palenisko, które w dość

efektywny sposób spalał gaz drzewny, powodując kilkukrotne oszczędności w zużyciu drewna. Palenisko to zostało nazwane piecem raketowym. W niedługim czasie piece te zaczęły być coraz bardziej znane i stosowane w krajach trzeciego świata, zastępując dotychczasowe, mało wydajne paleniska kuchenne.



W roku 2006 Ianto Evans i Leslie Jackson wydali książkę pt „Rocket Mas Heaters,, (Akumulacyjne Piece Rakietowe) w której dokładnie opisali proces budowy pieca raketowego wyposażonego w ławę akumulującą ciepło. Książka ta stała się inspiracją dla wielu osób do samodzielnej budowy akumulacyjnych pieców raketowych. Najnowszą edycję tej książki można nabyć online również w formie elektronicznej na stronie: <http://www.rocketstoves.com>



Ogromny przełom optymalizacyjny nastąpił stosunkowo niedawno. Konstruktorzy z całego świata otwarcie dzieląc się swoimi usprawnieniami, testami i wynikami testów na otwartych forach internetowych, doprowadzili do opracowania prostego w wykonaniu paleniska, które charakteryzuje się skrajnie wysoką efektywnością spalania gazów rzędu 92-96%.

Konstrukтором, którego imię w szczególności należy wymienić jest Peter Van der Berg – emerytowany inżynier z Holandii, który na przestrzeni kilku ostatnich lat wniósł ogromny

wkład w rozwój i optymalizację poziomego paleniska spalania i jego połączenia z podnośnikiem ciepła. Wprowadził on również i zoptymalizował kanał dostarczający do paleniska wtórne powietrze (tzw. P-channel, lub Peter-Channel).

Wszystkim anglojęzycznym pasjonatom pieców rakietowych polecam zaznajomienie się z dorobkiem Petera Van der Berga na forum: (<http://donkey32.proboards.com/user/32>).

Dokładny opis konstrukcji najnowszego paleniska Petera Van der Berga wraz ze zdjęciami zamieszczę na końcu tego opracowania Teraz omówię dobrze mi znaną i przetestowaną niskobudżetową wersję akumulacyjnego pieca rakietowego.

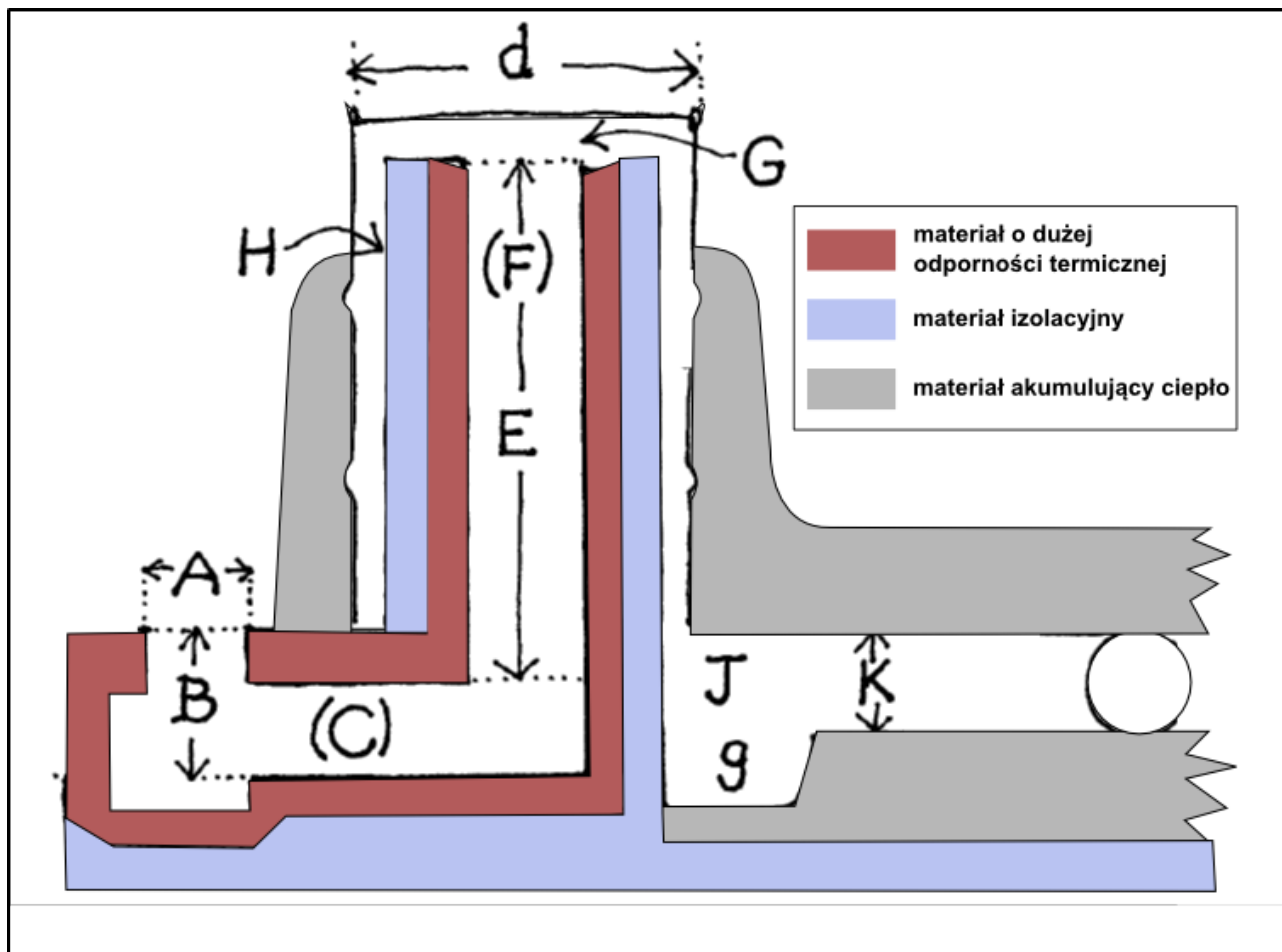
Podstawowe materiały:

Przy budowie pieca rakietowego potrzebne są materiały należące do trzech zasadniczych grup:

- I. **Materiały odporne na działanie wysokiej temperatury** (np. cegły szamotowe, cegły zwykłe, kamień, gruba stal...) z nich będziemy konstruować część paleniskową.
- II. **Materiały izolujące i zarazem żaroodporne** (np. popiół drzewny, keramzyt, szkło, tłuczeń szklany...) – będą przede wszystkim izolować palenisk oraz podnośnik ciepła – aby panowała tam jak najwyższa temperatura co sprzyja wysokiej sprawności spalanie gazów. Ponadto izolować będziemy również fundament pieca – aby ciepło nie uciekało do ziemi - oraz ściany zewnętrzne budynku, jeżeli piec do nich przylega.
- III. **Materiały akumulujące ciepło i oddające je powoli** (np. cegła szamotowa, kamień, glina, gruz...) – będą stanowić masę termiczną – często jest to zapiecek (ława do siedzenia), lecz masa termiczna może przyjąć dowolny kształt.

3 obszary konstrukcyjne

Piec rakietowy w wersji grzewczej (mass heater) składa się z trzech zasadniczych obszarów konstrukcyjnych – spalającego, odprowadzającego spaliny i akumulującego



Konstrukcja spalająca

Konstrukcja spalająca (tzw. serce pieca rakietowego) składa się z trzech elementów:

- 1) pionowy podajnik paliwa (symbole A i B na rysunku), -
- 2) pozioma komora spalania (symbol C na rysunku).
- 3) podnośnik ciepła (ang. heat riser) – wewnętrzny pionowy komin dopalający gazy – (E i F na rysunku).

Jeżeli zależy nam na trwałości i żywotności pieca elementy 1) i 2) najlepiej zbudować z cegieł szamotowych łączonych specjalną zaprawą szamotową (więcej uwag nt. murowania w dalszej części tekstu).

Element 3) najlepiej zbudować z cegieł szamotowych, można też wykorzystać stalową rurę o profilu prostokątnym lub okrągłym (grubość ścianki min 5mm).

Konstrukcja odprowadzająca spaliny

Konstrukcja odprowadzająca spaliny składa się z dwóch elementów:

1 - Odwrócona beczka sprowadzająca spaliny do dołu (d na rysunku). Dobrze w tej roli sprawdza się standardowa przemysłowa 200 litrowa beczka po oleju. Przed instalacją należy ją dobrze opalić, aby uniknąć wydzielania nieprzyjemnych oparów w pierwszych dniach palenia w piecu.

3 - System rur wydechowych umieszczonych w zapiecku (K na rysunku). To mogą być zwykłe najtańsze rury – tzw parnikowe. Ponieważ będą one oblepione dużą masą gliny, to nawet jeśli wypalą się w nich za jakiś czas dziury, glina je uszczelni i zachowa kształt ductu.

UWAGA! – Wielkość średnicy tych rur jest najważniejszym wymiarem konstrukcyjnym pieca.

Masa termiczna (ława zapiecek):

ławy termiczna pieca powinna być ciężką zwartą bryłą zbudowaną z gliny, kamieni, gruzu, itp. Gлина użyta do budowy ławy powinna być surowa, bez żadnych dodatków typu słoma czy piasek. Im cięższa /tłustsza glina, tym większa jest jej zdolność termalna. Ponieważ dodatki słomy i piasku zwiększają izolacyjność gliny nie są one wskazane przy budowie ławy termalnej. Słomę i piasek można dodać tylko do ostatniej cienkiej warstwy glinianego tynku – zgodnie z zasadami sporządzania tynków, tak aby powierzchnia ławy była gładka i wolna od pęknięć.

Ważna jednostka miary:

kluczową jednostką miary używaną przy konstrukcji każdego pieca – nie tylko raketowego – jest pole powierzchni przekroju (skrót: ppp)

Jak obliczyć pole powierzchni przekroju (ppp)?

Wzór na pole powierzchni koła to Πr^2 .

Wzór na pole powierzchni prostokąta lub kwadratu to $A*B$.

Jeżeli mamy okrągłą rurę o średnicy 15 cm (promień 7,5cm) to pole powierzchni jej przekroju wynosi ok. 177cm^2 ($3,14*7,5*7,5$). Jeśli mamy prostokątną rurę o wymiarach przekroju 12cm i 15cm to pole powierzchni jej przekroju wynosi 180 cm ($A*B$)

Najważniejszy wymiar konstrukcyjny pieca.

Kluczowym wymiarem przy konstrukcji pieca raketowego jest pole powierzchni przekroju rury wydechowej (skrót: pppRW) – tej, która rozprowadza spaliny w pozycji poziomej wewnątrz ławy grzewczej (symbol K na rysunku) a następnie wydała je albo bezpośrednio na zewnątrz (np. przez otwór w ścianie), albo do komina.

UWAGA! Wszystkie kluczowe wymiary wewnętrznych duktów, przejść i zakrętów wewnątrz pieca należy zawsze odnosić i dostosowywać do pola powierzchni przekroju rury wydechowej (pppRW). Wzrost pppRW pociąga za sobą odpowiednie dostosowanie pozostałych wymiarów, a co za tym idzie również wzrost mocy grzewczej pieca, oraz potencjału długości i ilości masy termicznej (zapiecka).

Kluczowe proporcje:

- ppp podnośnika ciepła (E i F) powinno być takie samo lub nieznacznie mniejsze niż pppRW (K)
- ppp “gardła” podajnika paliwa (symbol A na rysunku) powinno wynosić tyle samo co ppp podnośnika ciepła (E i F)
- ppp poziomej komory spalania (C) powinno być mniejsze niż ppp podnośnika ciepła (E i F) o minimum 10%, a maksimum 30%. To zmniejszenie należy uzyskać poprzez redukcję wysokości prostokątnego profilu, szerokość należy pozostawić bez zmian. Zwężenie to zwane jest przez niektórych zwężką Venturiego (odsyłam do wikipedii) i jest bardzo ważnym elementem konstrukcyjnym pieca. Dzięki temu utrzymywane jest jego wysokie tempo co usprawnia spalanie gazów.

Inne ważne wymiary i proporcje

- pionowy podajnik paliwa (symbole A i B na rysunku), – im niższy jest ten podajnik tym lepiej. Przy 15 centymetrowym piecu wysokość B powinna wynosić około 20-30 cm. Jeżeli ten podajnik będzie zbyt wysoki, wówczas może on generować swój własny ciąg, a to może być bardzo kłopotliwe.
- pozioma komora spalania (symbol C na rysunku) – powinna być tak krótka jak to tylko możliwe. Im krótsza tym lepiej dla efektu spalania gazów
- wewnętrzny pionowy komin spalający – ang: heat riser (E i F na rysunku) – Im większa wysokość tego komina tym lepsze spalanie spalin i lepszy ciąg. Przy 15 centymetrowym piecu wysokość tego komina (symbol E na rysunku) powinna wynosić minimum 70-80 cm.

Potoczne zwroty:

15 centymetrowy piec raketowy – jest to piec, którego średnica rury wydechowej wynosi 15cm i wszystkie inne wymiary dostosowane są do pola powierzchni przekroju rury o tej średnicy (Πr^2) = 177 cm².

18 centymetrowy piec raketowy – analogicznie jest to piec, którego średnica rury wydechowej wynosi 18cm i wszystkie inne wymiary dostosowane są do pola powierzchni przekroju rury o tej średnicy (Πr^2) = 254 cm².

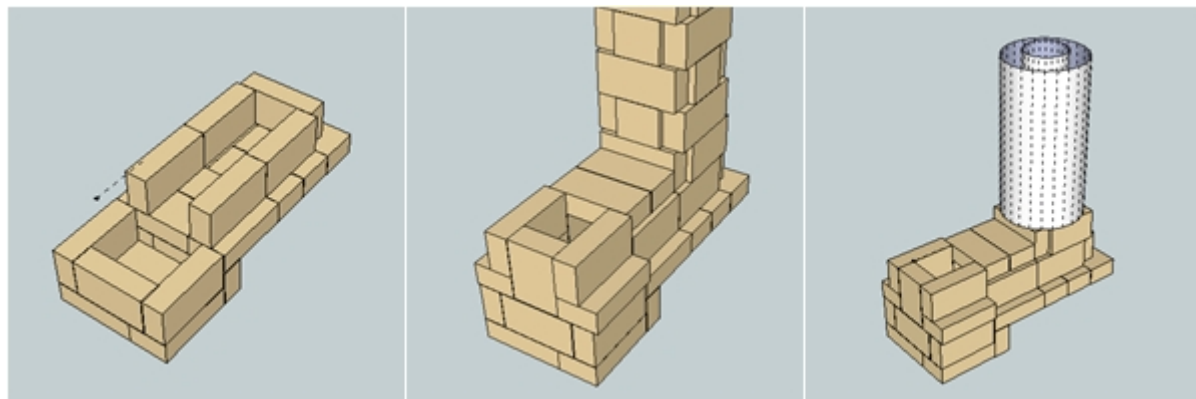
Fundament pod piecem

Cały piec może ważyć od 500kg do kilku ton. Im cięższy piec, tym solidniejszy powinien być fundament. Można go zbudować z dużych płaskich kamieni i gliny, z cegieł, można też wylać zbrojony beton. Jeżeli budujemy jednocześnie piec i komin blisko pieca, to zarówno piec jak i komin powinny stać na tym samym fundamencie.

Pomiędzy piecem a fundamentem warto jest położyć warstwę izolacyjną. Pewien stary zdun, który budował wielkie piece chlebowe powiedział mi że do izolacji takich pieców od gruntu używano 30 cm warstwy tłuczenia szklanego. Palenisko pieca raketowego nie potrzebuje moim zdaniem aż tak grubej warstwy izolacyjnej. Na pewno jednak izolacja od spodu wpłynie korzystnie na temperaturę panującą wewnątrz paleniska, i podniesie efektywność spalania gazów.

Konstrukcja komory spalania

Budując i użytkując piece zauważyłem że wygodnie jest, gdy mamy dużo miejsca na popiół, który można opróżniać raz na kilka dni (symbol B na rysunku), dlatego po kilku przeróbkach zacząłem używać konstrukcji widocznej na obrazku, z pogłębioną i poszerzoną przestrzenią na spodzie paleniska, przy zachowaniu wymaganych wymiarów górnej części wsadu paliwowego i wlotu powietrza.



Rysunek przedstawia palenisko (serce) 15 centymetrowego pieca raketowego. Do budowy takiego paleniska potrzebujemy albo 56 cegieł (podnośnik ciepła również budujemy z cegły) albo minimum 32 cegieł (podnośnik budujemy wówczas z grubej metalowej rury).

Cegły do budowy pieca

Biorąc pod uwagę odporności na ogień, cegły dzielą się na trzy kategorie:

- Ognioodporne - wytrzymują temperaturę od 1580° C do 2000° C i więcej (cegły szamotowe);
- Ciężko topiące się cegły - wytrzymują od 1350°C do 1580°C (gliniane, pełne);
- Łatwo topiące się cegły - wytrzymują do 1350°C (ozdobne cegły ceramiczne).

Do murowania pieców (również ścianek grzewczych, kominków) używa się tylko dwóch rodzajów cegieł: zwykłe gliniane wypełnione (czerwone) i szamotowe (jasne, żółte, jasno brązowe).

Jeśli planujemy w piecu komponować cegły szamotu i zwykajne (np. murując z cegieł szamotowych tylko ścianki paleniska), należy pamiętać, że współczynniki cieplnego rozciągania się tych dwóch rodzajów cegieł są bardzo różne - nagrzewane różnią się i rozciągają w różny sposób. Dlatego trzeba unikać łączenia muru szamotowego i spoin szamotowych z murem i spoinami zwykłych cegieł. Różnie nagrzane i nierówno rozciągnięte będą niszczyć jednolitość muru. Dlatego jeden rodzaj cegieł nie powinien dotykać drugiego rodzaju. Ścianki szamotowego paleniska muszą być wymurowane oddzielnie od ścianek ze zwykłych czerwonych cegieł, pozostawiając odstępy 5 mm, który wypełniamy kartonem bazaltu lub wełną ceramiczną – jeżeli mamy uzyskać przenikalność ciepła, kub materiałem izolacyjnym.

Murowanie paleniska z cegieł szamotowych:

Do murowania paleniska pieca z cegieł szamotowych należy użyć specjalnej zaprawy szamotowej, (głina szamotowa z piaskiem) - do nabycia w sklepach budowlanych. Grubość spoin nie może przekroczyć 3 mm.

Murowanie ścian pieca

Najlepsza zaprawa wychodzi po zmieszaniu gliny i bardzo drobnego żwiru (albo piasku z domieszką drobnego żwiru) w stosunku 1:3 – 1:4. Przed zmieszaniem, glinę zamacza się przynajmniej na jedną noc. Później rozcieńcza się wodą, dobrze miesza i ubija. W uzyskanej masie glinianej nie może być grudek. Dlatego masę precedza się przez sitko z oczkami 1,5 mm. Do masy glinianej dodaje się przepuszczony przez sito żwir/piasek. Zaprawę dobrze się ubija i miesza. W odpowiednio przygotowanej zaprawie nie może być

grudek, zaprawa nie klei się po naciśnięciu cegły, i lekko wycisk się ze spoiny.

Przed rozpoczęciem prac murarskich cegłę należy na kilka minut zamoczyć w wodzie, aby zapobiec szybkiemu wsiąkaniu wody z zaprawy po rurkach kapilarnych cegły.

Optymalna grubość spoin muru pieca wynosi 3-8 mm.

Uwagi dotyczące zaprawy w duktach:

Budując dukty z cegieł zaprawianych gliną należy starannie gładzić spoiny gliniane mokrą ręką. Im gładzsze spoiny tym trudniej sadza przykleja się do nich i tym łatwiej jest ją oderwać podczas czyszczenia pieców.

Szyber

Tuż przed wyjściem rury wydechowej do komina należy koniecznie zainstalować szyber. Gdy piec już się nagrzeje i zostanie wygaszony, powietrze dalej będzie miało naturalną tendencję by siłą ciągu przepływać przez piec. A przepływające powietrze wyprowadza z pieca ciepło na zewnątrz. Zamknięcie szybra załatwia ten problem. Dodatkowo po całkowitym wygaszeniu pieca warto również zamknąć szczelnie wsad paliwowy. Wtedy będziemy mieli pewność że powietrze przez piec już nie przepływa.

Długość systemu rur wydechowych

Długość systemu rur wydechowych (K na rysunku) uzależniona jest w pierwszej kolejności od tego, czy piec jest podłączony do komina czy też nie. Bo jeżeli jest podłączony do komina to musi być odpowiednio krótsza, tak aby temperatura spalin wchodzących do komina była na tyle ciepła, by mogły one przebić się przez komin i zainicjować ciąg kominowy. Jeżeli nie podłączamy się do komina to w przypadku 15 centymetrowego pieca możemy spokojnie wsadzić do ławy od 6 do 9 metrów poziomej rury. Większa długość nie da nam już żadnego efektu, bo dym na 9 metrze powinien być już całkowicie zimny. W przypadku 20 centymetrowego pieca który nie jest podłączony do komina możemy wsadzić do ławy od 9 do 12 metrów rury.

Czyścior

Symbol "g" na rysunku pokazuje pierwszy czyścior – miejsce z którego przynajmniej raz w roku należy wybrać popiół. Tych czyściorów powinno być więcej – przynajmniej tyle, ile jest zakrętów na trasie poziomego duktu wewnątrz ławy termicznej. Poprzez czyściora wprowadza się specjalną szczotkę do czyszczenia duktów piecowych i odskrobuje się z nich sadzę. W miejscu czyściorów często instalowane są specjalne drzwiczki, ale czyściora mogą być też zalepione zwykłą cegłą lub kamieniem. Raz na rok, w dniu czyszczenia odkuwa się tą cegłą lub kamień, a po czyszczeniu ponownie zalepia gliną.

Wysychanie pieca i pierwsze rozpalamie

Rozpoczynając eksploatację nowego pieca, należy przestrzegać procesu wysychania nowej konstrukcji. Przy obecnej, względnie wysokiej wilgotności powietrza nowy piec, należy osuszać przez okres 8 tygodni, do momentu wyparowania z konstrukcji pieca wody, która dostała się do niej w trakcie prac budowlanych. Suszenie należy wykonywać przy otwartych drzwiczkach paleniska i otwartym szybrze przewodu kominowego.

Palenie w piecu należy rozpoczynać stopniowo. Początkowy schemat palenia może wyglądać następująco: podczas pierwszego palenia spalany jest tylko jeden klocek drewna pocięty na drobne kawałki. W trakcie drugiego palenia ilość materiału opałowego można zwiększyć do dwóch klocków drewna. W kolejnych dniach stopniowo zwiększana jest ilość materiału opałowego do momentu osiągnięcia optymalnej ilości opalanego materiału w warunkach eksploatacji. W trakcie wypalania pieca w trybie suszenia drzwi paleniska i szyber muszą być otwarte. Palenie w trybie suszenia należy wykonywać do momentu, w którym całkowicie zakończy się powstawanie kondensatu („pocenie się”) na zewnętrznych powierzchniach ścian pieca i szybra. Trzeba pamiętać, że eksploatowany piec, który przez długi czas nie był opalany i który znajduje się w pomieszczeniu o niskiej temperaturze, należy również wypalać stopniowo. Nieprzestrzeganie tych zaleceń może prowadzić do tworzenia się szczelin w konstrukcji pieca.

Piec raketowy i komin

Podstawową funkcją komina w tradycyjnych instalacjach grzewczych jest – oprócz odprowadzania spalin – generowanie ciągu. Bez ciągu zarówno proces spalania jak i odprowadzania spalin jest utrudniony, lub wręcz niemożliwy. Gdy brakuje ciągu powstaje zwrotne zadymienie. Prawidłowo wykonana konstrukcja pieca raketowego z jego charakterystycznym podnośnikiem ciepła (ang: heat riser) sama w sobie generuje i gwarantuje pozytywny ciąg, którego moc jest wprost proporcjonalna do wysokości podnośnika ciepła.

Piec raketowy jest zatem konstrukcją która nie wymaga podłączenia do komina – co jest dobrym rozwiązaniem w przypadku gdy potrzebny jest piec w pomieszczeniu w którym nie ma dostępu do komina. Wystarczy wówczas wyprowadzić rurę wydechową na zewnątrz budynku i dobrze zabezpieczyć ją i osłonić przed podmuchami wiatru.

Jeśli jednak chcemy, aby piec raketowy służył jako podstawowe lub jedyne ogrzewanie w pomieszczeniach mieszkalnych to zdecydowanie zalecam podłączyć go do komina, lub wybudować komin, jeżeli go nie ma. Komin zimą generuje olbrzymi ciąg i powoduje dzięki temu bardzo szybkie nagrzewanie się pieca. Z doświadczenia wiem że piece raketowe, które nie są podłączone do komina, cały czas palą się równomiernym tempem ciągu, bez względu na porę roku, co w niektórych przypadkach jest zaletą (np. piec raketowy w

saunie będzie tak samo dobrze rozpalał się zarówno latem jak i zimą).

Podłączając piec raketowy do komina należy pamiętać o prawach fizyki rządzących ciągami kominowymi. Warunki atmosferyczne oraz różnica temperatur i ciśnień na różnych poziomach i miejscach całej instalacji ma tutaj duże znaczenie. Jeżeli temperatura spalin wchodzących do komina będzie zbyt niska, wówczas dym może być dławiony w kominie i zawracany do pomieszczenia – szczególnie podczas pierwszych minut rozpalania wyziębionego pieca i szczególnie podczas ciepłych dni. W słoneczne, jesienne lub wiosenne dni, gdy temperatura na zewnątrz (u szczytu komina) będzie wyższa niż wewnątrz pomieszczenia (przy wlocie do pieca) wysoki komin w sposób naturalny będzie generował odwrotny ciąg, i chcąc rozpaćić w wyziębionym piecu będziemy musieli stoczyć poważną walkę z dymem. Mówiąc krótko, podłączając piec raketowy do komina, podłączamy się również do praw fizyki, które rządzą ruchem powietrza w kominie.

Wymagania dotyczące komina

Akumulacyjny piec raketowy jest instalacją o wysokim współczynniku wydajności. Temperatura spalin wchodzących z instalacji grzewczej do przewodu kominowego jest często niższa niż $+60^{\circ}\text{C}$ (temperatura punktu rosy). W związku z tym przewód kominowy powinien mieć duże możliwości zbierania i wydalenia kondensatu (cieczy powstałej ze skroplenia gazów). Jeśli ten warunek nie zostanie spełniony, wówczas zmniejsza się okres eksploatacji przewodu kominowego. Należy to uwzględnić podczas projektowania komina. Do budowy nowego komina warto użyć kwasoodpornych wkładów ceramicznych, wytrzymałych na działanie kondensatu.

Chcąc zaś zadbać o żywotność istniejącego przewodu kominowego, możemy okryć go osłoną z nierdzewnej stali o dużych możliwościach zbierania i wydalenia kondensatu.

Grzanie pieca po wygaszeniu

Długość grzania masy termicznej pieca zależy od tego jak długo piec się palił i z jakich materiałów wykonana jest masa termiczna. W naszym przypadku po około trzech, czterech godzinach palenia w piecu, kamienie i glina na całej ławie są bardzo gorące i utrzymują to wyraźnie odczuwalne ciepło przez około 12 godzin. W okresie zimy, gdy temperatura na zewnątrz oscyluje wokół 0°C palimy w piecu raz na dobę, od 3 do 4 godzin i to wystarcza. Gdy są duże mrozy, rozpalamy dwa razy dziennie.

Sposoby przekazywania ciepła

Konwekcja, promieniowanie i przewodzenie to trzy zasadnicze sposoby przekazywania ciepła. Każde źródło przekazuje swoje ciepło inaczej przy wykorzystaniu wszystkich trzech sposobów choć proporcje mogą są różne. Mając na uwadze efektywność cieplną ogrzewanych pomieszczeń i komfort cieplny użytkowników, najbardziej istotne jest

promieniowanie cieplne. Promieniowanie ciepła zakumulowanego w kamieniu lub glinie charakteryzuje się dłuższą falą promieniowania w porównaniu do prawie liniowych fal promieniowania z metalu. Różnica jest taka, że dłuższa fala ma stopniowy i większy zakres przenikania materii co daje wydajniejsze ponowne zakumulowanie ciepła w otaczających przedmiotach. Dlatego też gliniane kaloryfery są bardziej efektywne niż metalowe. Jeśli beczkę pieca raketowego lub metalowy kaloryfer osłonimy gliną, kamieniem, lub kafelkiem, dokonujemy wówczas pozytywnej zmiany charakterystyki promieniowania.

Nieosłonięta metalowa beczka w piecu raketowym ma za zadanie szybko nagrzać pomieszczenie. Ciepło jest wówczas odczuwalne natychmiast po rozpaleniu. Jest to jednak w przeważającej mierze ciepło konwekcyjne, unoszące gorące powietrze do góry. Jeśli nie chcemy tego efektu, wówczas możemy beczkę obudować gliną, ceglami lub kafelami. Nie będziemy mieli wówczas ciepła natychmiastowego, ale będziemy dłużej cieszyć się ciepłem emitowanym po wygaszeniu pieca.

Kolejne etapy pracy:



Budowa serca pieca z porozbiórkowych cegieł szamotowych.



W tym przypadku podnośnikiem ciepła jest stalowa rura kanalizacyjna o grubości ścianki 5mm.



Izolujemy podnośnik ciepła keramzytem, wierzch zalepiamy gliną. Pojemnikiem na keramzyt jest tutaj 200 litrowa beczka po oleju, którą po obcięciu obu wieczek, przecinamy wzdłuż, mocno zwężamy i skręcamy wkrętami. Izolacja podnośnika ciepła jest bardzo ważnym elementem konstrukcyjnym pieca raketowego. Bez tej izolacji piec raketowy nie będzie piecem raketowym, a efektywność spalania gazów będzie znacznie mniejsza, a co za tym idzie zużycie paliwa będzie zdecydowanie większe.



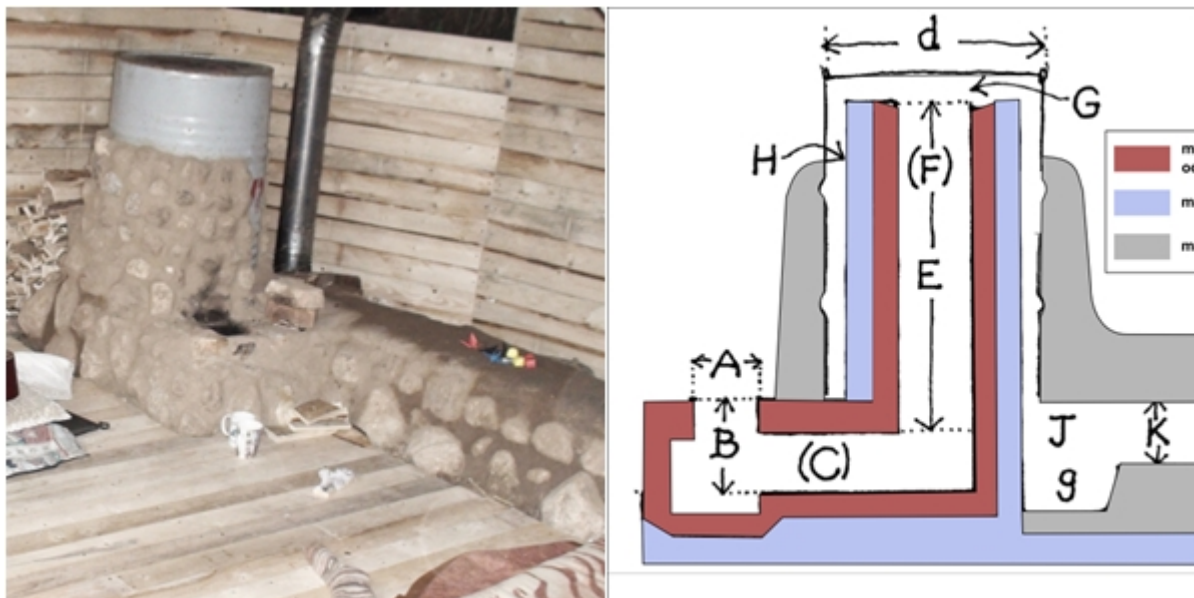
Przygotowujemy i formujemy odpływ spalin do poziomej rury w zapiecku. Spód zapiecka również wysypujemy keramzytem (materiał izolujący), aby ciepło nie uciekało w podłogę.



Zakładamy ostatnią beczkę na podnośnik ciepła. Jej zadaniem jest sprowadzanie spalin w dół do dowolnego kanału, który wcześniej uformowaliśmy.



Montując kanały z rur dbamy o to, aby dym w miejscu zakrętów miał dużo przestrzeni i mógł swobodnie przepływać. Na każdym zakręcie montujemy tzw. czyścior – przestrzeń którą będziemy okresowo odslaniać w celu dokładnego wyczyszczenia wnętrza rur. Piec czyścimy obowiązkowo po każdym sezonie grzewczym. Przestrzeń ppp zakrętów i czyściorów robimy zdecydowanie większą niż ppp rury wydechowej – inaczej szybko powstaną zatory i piec trzeba będzie częściej czyścić.



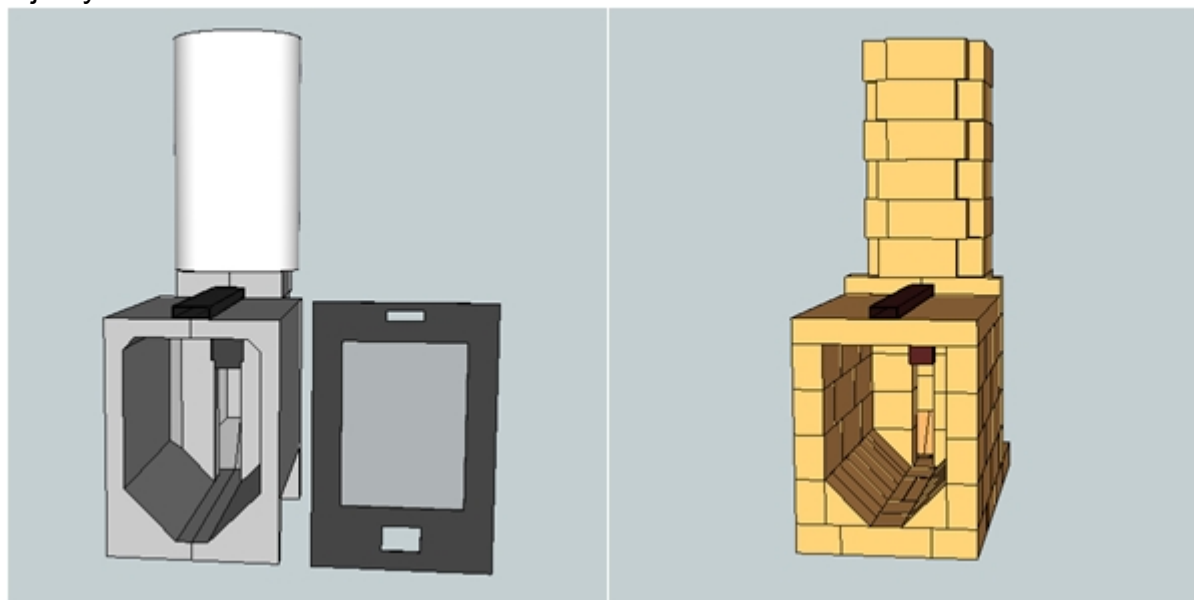
Efekt końcowy – Łatwy w budowie, niskonakładowy akumulacyjny piec raketowy, który efektywnością i oszczędnością spalania drewna dorównuje starym solidnym murowanym piecom kaflowym.

Modyfikacje Petera Van der Berga

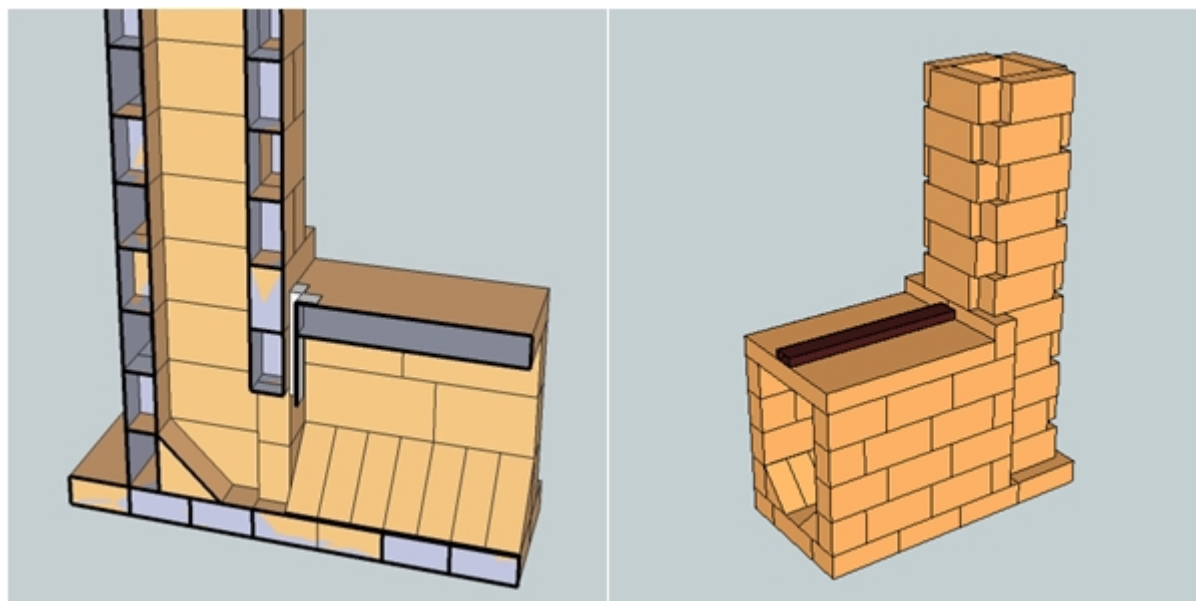
Jak wspomniałem na wstępie Peter Van der Berg jest obecnie jednym z wiodących innowatorów konstrukcji pieców raketowych, który otwarcie dzieli się swoimi innowacjami i testami na anglojęzycznym forum: <http://donkey32.proboards.com>. Jego usprawnienia zostały szeroko docenione przez społeczność budowniczych i użytkowników tych pieców na całym świecie. Poniżej przedstawiam opis poziomego paleniska, które zawiera w sobie wszystkie kluczowe usprawnienia opracowane przez Petera w ciągu ostatnich lata jego pracy.

Poziome palenisko

Podstawową widoczną na pierwszy rzut oka cechą tego paleniska jest sposób wkładania drewna. Wkłada się je poziomo, zupełnie tak samo jak w tradycyjnych piecach, bądź kominkach. Wymiary samego paleniska mogą być dowolne. Z punktu widzenia konstrukcji najważniejsze znaczenie ma wąska pozioma szczelina (tzw. gardło), przez którą płomień przechodzi z paleniska do podnośnika ciepła. Pole powierzchni przekroju (ppp) tej szczeliny nie powinno być większe niż 70% ppp podnośnika ciepła. Ukośne podpórki po bokach paleniska pomagają utrzymywać palące się drewno w zwartym stosie. Ukośna podpórka na spodzie podnośnika ciepła podbija płomień i wprowadza go w zawirowanie usprawniając spalanie mieszanki gazów z ciepłym powietrzem dostarczonym specjalnym kanałem.



Kanał wtórnego powietrza (tzw. kanał-p) jest kolejną kluczową innowacją paleniska. Powietrze wchodząc do kanału podgrzewa się samoczynnie i dociera do szczytu gardła paleniska, do miejsca w którym jest ono najbardziej potrzebne do efektywnego dopalenia gazów.



Kluczowe proporcje zastosowane w poziomym palenisku

- ppp wewnętrznego gardła stanowi od **50% do 70%** ppp podnośnika ciepła
- ppp wlotu powietrza pierwotnego stanowi **±20%** ppp wewnętrznego gardła
- ppp wlotu powietrza wtórnego stanowi **±7%** ppp wewnętrznego gardła

Przykładowe wymiary zastosowane w poziomym palenisku:

- wymiary wewnętrzne podnośnika ciepła: 15cm (średnica - $ppp = \pi r^2$) = 177cm² (**100%**)
- wymiary wewnętrzne gardła: 5,16cm (szerokość) x 24cm (wysokość) = 123,84cm² (**70%**)
- wlot powietrza wtórnego: 5,6cm (szerokość) x 1,6cm (wysokość) = 8,96cm² (**5%**)
- wlot powietrza pierwotnego: 6cm (szerokość) x 4cm (wysokość) = 24cm² (**13,6%**)

Zgodnie z informacjami przedstawionymi przez Petera Van der Berga oraz Borisa Kukulj efektywność spalania gazów przy zastosowaniu poziomego paleniska oscyluje w przedziale 92-96%. Więcej informacji na temat pod linkami:

<http://www.mha-net.org/visit-with-peter-van-den-berg/>

<http://donkey32.proboards.com/thread/511/adventures-horizontal-feed>

Przykłady ukończonych pieców rakietowych autorstwa Jorisa Poulusa z Belgii z paleniskiem Petera Van der Berga – wersja murowana (ang. rocket bell system):

<https://picasaweb.google.com/103675898722989168752>

Dziękuję Ci za uwagę i życzę przyjemnej budowy własnego pieca rakietowego.